



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fotocatálisis y biofiltro para remoción de agroquímicos en aguas
de la laguna de Pacucha- Apurímac 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Melendres Ojeda, Wudiar (ORCID: 0000-0002-4083-4363)

Quispe Puca, Roly (ORCID:0000-0003-2907-1227)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

2021

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a nuestros padres, familiares y amigos por su apoyo incondicional y motivación que nos brindaron en cada momento. Porque todo lo que somos se lo debimos a cada uno de ellos y por inspirar en nosotros la importancia de estudiar.

Agradecimiento

Agradecer a DIOS por brindarnos salud y vida, por darnos la fuerza, sabiduría para seguir adelante venciendo las adversidades en el trayecto de nuestras vidas.

A nuestros padres por el infinito amor, apoyo incondicional, que nos brindan a diario, por los consejos y enseñanzas que nos motivan y nos alientan a no desfallecer en nuestro camino.

A nuestro asesor de proyecto Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo, por sus enseñanzas, guía, paciencia, comprensión, entrega y excelentes consejos brindados a lo largo del proceso de la investigación.

De la misma manera les agradecemos a todas aquellas personas que han estado en nuestro lado alentándonos y apoyándonos durante estos años.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1 Tipos y diseño de investigación	20
3.2 Variables y operacionalización.....	20
3.3 Población, muestra y muestreo	20
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5 Procedimiento.	23
3.6 Método de análisis de datos.....	28
3.7 Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	47
VII. RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS:	58

Índice de tablas

Tabla 1: Procedimiento de recolección de datos.....	22
Tabla 2: Coordenadas de los puntos de muestreo.....	27
Tabla 3: Parámetros iniciales del agua de la laguna Pacucha	30
Tabla 4: Tratamiento del agua por fotocátalisis con TiO_2	30
Tabla 5: Resultados después del ensayo por fotocátalisis.....	31
Tabla 6: Características fisicoquímicas del agua después del tratamiento por biofiltro	35
Tabla 7: Ingredientes activos de los agroquímicos en las aguas de la laguna Pacucha	35

Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Diagrama del flujo de operación.....	23
<i>Figura 2:</i> Diseño de colector parabólico compuesto (CPC).....	24
<i>Figura 3:</i> Diseño del biofiltro.....	25
<i>Figura 4:</i> Ubicación de la laguna de Pacucha, imagen de google earth adaptada al Software Arc Gis, versión 10.4.1.	26
<i>Figura 5:</i> ubicación de puntos de muestreo, imagen de google earth	27
<i>Figura 5:</i> Tratamiento por fotocátalisis con 4g de TiO_2 -3h	32
<i>Figura 6:</i> Tratamiento por fotocátalisis con 2g de TiO_2 -5h	33
<i>Figura 7:</i> Tratamiento por fotocátalisis con 2g de TiO_2 -3h.....	33
<i>Figura 8:</i> Tratamiento por fotocátalisis con 4g de TiO_2 -5h	34
<i>Figura 9:</i> Tiempo de contacto de TiO_2 en la remoción de agroquímicos.....	37
<i>Figura 10:</i> Tiempo de retención hidráulica de 1 hora para la remoción de agroquímicos en el biofiltro.....	38
<i>Figura 11:</i> Tiempo de retención hidráulica de 2 horas para la remoción de agroquímicos en el biofiltro.....	39
<i>Figura 12:</i> Dosis de TiO_2 en remoción de agroquímicos	40
<i>Figura 13:</i> Eficiencia de TiO_2 en remoción de agroquímicos.	41
<i>Figura 14:</i> Eficiencia del aserrín de balsa (<i>Ochroma Pyramidale</i>) en remoción de agroquímicos.....	42

Resumen

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo de vida en nuestro planeta, sin embargo, en la actualidad el sector agrícola produce gran cantidad de aguas residuales contaminadas por el uso de agroquímicos llegando a causar impactos negativos a los ecosistemas acuáticos. La investigación consta en determinar la eficiencia de fotocátalisis y biofiltro en remoción de agroquímicos en las aguas de la laguna Pacucha, posee un diseño experimental de tipo aplicada, teniendo en cuenta las variables independientes sistema de fotocátalisis-biofiltro, los resultados más eficientes corresponden al tiempo de contacto de 3 horas con una dosis de 4g/L de TiO_2 con una remoción de 43% de nitrógeno, 27% de fósforo total y 16% de DQO, así mismo en un tiempo de 5 horas con una dosis 2g/L la reducción fue 1% en nitrógeno, 2% en fósforo y 16% de DQO, finalmente se concluye que la mayor eficiencia en la remoción de agroquímicos mediante el tratamiento de fotocátalisis fue en un tiempo de contacto de 3 horas con una dosis 4g/L de TiO_2 , sin embargo en el tratamiento del biofiltro en los dos tiempos de retención hidráulica de 1 y 2 horas no hubo eficiencia en la remoción de agroquímicos.

Palabras claves: fotocátalisis, biofiltro, *Ochroma pyramidale*, agroquímicos, laguna Pacucha, TiO_2 .

Abstract

Water is an essential resource for the development of life on our planet, however, currently the agricultural sector produces a large amount of wastewater contaminated by the use of agrochemicals, causing negative impacts on aquatic ecosystems. The research consists in determining the efficiency of photocatalysis and biofilter in the removal of agrochemicals in the waters of the Pacucha lagoon, it has an applied experimental design, taking into account the independent variables photocatalysis-biofilter system, the most efficient results correspond to time of contact of 3 hours with a dose of 4g / L of TiO_2 with a removal of 43% of nitrogen, 27% of total phosphorus and 16% of COD, also in a time of 5 hours with a dose of 2g / L the reduction It was 1% in nitrogen, 2% in phosphorus and 16% in COD, finally it is concluded that the highest efficiency in the removal of agrochemicals through the photocatalysis treatment was in a contact time of 3 hours with a 4g / L dose of TiO_2 , However, in the treatment of the biofilter in the two hydraulic retention times of 1 and 2 hours, there was no efficiency in the removal of agrochemicals.

Keywords: photocatalysis, biofilter, *Ochroma pyramidale*, agrochemicals, Pacucha lagoon, TiO_2 .

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso renovable útil e indispensable para el desarrollo de la existencia en nuestro planeta, pero lamentablemente el incremento demográfico acompañado con la ambición de ser humano por complacer sus necesidades, ha llevado a generar impactos negativos a los recursos hídricos ocasionando con el pasar del tiempo que disminuyan las fuentes de agua aprovechables.

El agua dulce es un recurso, único y escaso, en constantes enfrentamientos de intereses por ser un elemento vital para la vida y el desarrollo de las actividades del ser humano. El acelerado aumento demográfico, acompañado con el desarrollo tecnológico y económico constituyen los factores principales en causar impactos negativos a los efluentes de agua causando la pérdida de la calidad de esta. Si bien es cierto que se han logrado avances muy significativos en el sector agrícola gran parte de la contaminación de efluentes parte de ello, debido al uso excesivo de agroquímicos que se usan para incrementar las producciones sin un previo estudio o asesoramiento técnico (Hermosín et al, 2008).

A partir del año cuarenta en adelante, el uso de pesticidas fue incrementándose de manera significativa alcanzando 5 millones de toneladas en 1995 a nivel mundial. Actualmente se aprecia una disminución en el uso de los pesticidas principalmente en países desarrollados, por el contrario, en los países en vías de desarrollo o países tropicales se siguen usando con frecuencia. Se ha podido determinar que el 0.1 % de pesticida suministrado causa impacto a la plaga, entre tanto el resto se expande al ambiente, por medio del viento, agua y por el hombre. Generando la contaminación de los efluentes de agua, suelo y aire. Por ello es de suma importancia prever su disposición final, el grado de toxicidad y persistencia para poder determinar y evaluar los riesgos existentes al hacer uso de estos productos (Carvalho et al, 1998).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2018) dice que el sector agrícola produce gran cantidad de aguas residuales por volumen, a medida que pasa en tiempo la población aumenta por ende se intensifica el uso de la

tierra para la ganadería y agricultura. Por este motivo los países han incrementado de manera significativa el uso de productos agroquímicos para sus cultivos tales como fungicidas, plaguicidas, insecticidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos con la finalidad de proteger e incrementar sus cultivos y sus ganados.

Los pesticidas alcanzan a los cuerpos de agua a través de escorrentía, erosión de suelos e infiltración por fuertes precipitaciones, Además, los contaminantes se movilizan por vía atmosférica en distintas direcciones por la acción de viento, estos factores son los principales transportadores de los contaminantes a los cuerpos de agua superficiales y subterráneas (Suarez, 2020).

FAO (2018) afirma que, a nivel global, las tierras destinadas a la agricultura terminan recibiendo por año 115 millones de toneladas de diversos tipos de fertilizantes sintéticos principalmente nitrogenados. Cerca del 20% de estos fertilizantes nitrogenados se acumulan en los suelos agrícolas y biomasa, y el 35 % termina en los océanos ocasionando la contaminación de estos.

Agencia Peruana de noticias (2011) Manifiesta el hallazgo de distintas especies de aves silvestres muertas en los bordes de la laguna Pacucha a consecuencia de la contaminación ambiental, esta mortalidad de las especies de dicha laguna está estrechamente relacionado al uso excesivo y sin asesoramiento técnico de pesticidas que usan los agricultores en el campo que se encuentran cerca de las riveras de la laguna Pacucha, causando impactos negativos a la flora y fauna que habita en esta laguna.

Los grandes impactos generados al ambiente en los sistemas agroecológicos de cultivo de papa se ocasionan por el uso excesivo de agroquímicos, esto como consecuencia genera que las plagas se vuelvan más resistentes obligando a los agricultores a elevar las dosis cada vez más para controlar y erradicar la plaga a la vez dan paso a que surjan nuevas plagas agravando más el problema existente. La contaminación se va a generar por el alto grado de toxicidad y la persistencia de las sustancias en el ambiente estos son dispersados a las áreas cercanas por acción del

viento y de esa manera llegando a los cursos de agua como ríos, acequias y lagunas, perjudicando a la salud de los animales presentes en el agua y otros seres benéficos.

Para realizar la investigación se plantea el siguiente Problema general ¿Cuál será la eficiencia de la fotocátalisis con TiO_2 y biofiltro de madera de balsa (*Ochroma pyramidale*) para remover agroquímicos en las aguas de la laguna Pacucha- Apurímac 2021?, y como Problema específico ¿Cuáles serán los ingredientes activos de los agroquímicos en las aguas de la laguna Pacucha Apurímac 2021?, ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del agua al término del tratamiento por fotocátalisis y biofiltro en las aguas de la laguna Pacucha?, ¿Cuál será el tiempo para remover agroquímicos por fotocátalisis y biofiltro en las aguas de la laguna Pacucha? y ¿Cuál será la dosis óptima de TiO_2 en la remoción de agroquímicos de las aguas de la laguna de Pacucha?

Esta investigación se Justifica, en la actualidad la actividad agrícola viene generando impactos significativos a los recursos hídricos, por el uso excesivo de agroquímicos, los agricultores usan estos productos con la finalidad de proteger sus cultivos e incrementar sus cosechas sin asesoramiento profesional y sin tener en cuenta la toxicidad y persistencia del producto, que conlleva a la contaminación por agentes químicos a los cultivos, suelo, aire y sobre todo a los cuerpos de agua (Castillo et al, 2020).

Los motivos que nos llevaron a realizar este proyecto de investigación es con el propósito de conocer los impactos negativos a los efluentes que se vienen ocasionando por el uso indiscriminado de productos químicos tales como insecticidas, herbicidas, fungicidas y fertilizantes sintéticos sin criterio alguno con fin de elevar la productividad de sus cosechas de los agricultores.

Mediante el desarrollo de esta investigación se va poder determinar los agentes contaminantes presentes en el agua de la laguna de Pacucha, y realizar el tratamiento, mediante fotocátalisis y biofiltro ya que es un método eficiente en remoción de cargas orgánicas y químicas, lo que se pretende es fusionar los dos métodos para que los resultados al finalizar el tratamiento sean los más eficiente y de

esta manera poder dar solución a este grave problema que viene generando impactos significativos a la flora, fauna y efluentes de la laguna Pacucha.

El estudio de dos variables, fotocátalisis y biofiltros, que aún no se han puesto en práctica, en laguna Pacucha, es por ello que pretendemos realizar la ejecución de este proyecto de investigación con el propósito de remediar al problema de contaminación por agroquímicos, así como también abrir un camino para futuros estudios, que estén enfocados en remediar los problemas existentes en la laguna Pacucha-Apurímac.

Para el cumplimiento de la investigación se plantea como objetivo general Determinar la eficiencia de fotocátalisis y biofiltro en remoción de agroquímicos en las aguas de la laguna de Pacucha-Apurímac 2021 y como objetivos específicos determinar los ingredientes activos de los agroquímicos en las aguas de la laguna Pacucha, determinar las características fisicoquímicas del agua al término del tratamiento por fotocátalisis y biofiltro en las aguas de la laguna de Pacucha, determinar el tiempo para remover agroquímicos por fotocátalisis y biofiltro en las aguas de la laguna de Pacucha y Conocer la dosis ideal de TiO_2 en remoción de agroquímicos en las aguas de la laguna de Pacucha.

Hipótesis general, el uso de fotocátalisis y biofiltros son eficientes en remoción de agroquímicos en las aguas de la laguna de Pacucha Apurímac 2021 y como Hipótesis específicas, los ingredientes activos de los agroquímicos en las aguas de la laguna de Pacucha son los clorados, organofosforados, sulfitos, triazoles, ditiocarbamato, carbamatos, cloruros y nitrofosfatos, las características fisicoquímicas del agua al término de tratamiento mediante fotocátalisis y biofiltro serán dentro de los límites permitidos, el tiempo de contacto para la remoción de los agroquímicos por fotocátalisis y biofiltro en las aguas de la laguna de Pacucha es de 3 a 4 horas, la dosis ideal de TiO_2 en la remoción de agroquímicos en las aguas de la laguna de Pacucha es de 6000 mg/L .

II. MARCO TEÓRICO

Sanz (2015) en su investigación realizada en la ciudad de Valencia de *“tratamiento de aguas residuales mediante fotocátalisis solar y reutilización en nuevas tinturas”* con el objetivo de estudiar la eficiencia de fotocátalisis en la decoloración y mineralización de los efluentes industriales textiles, metodología empleada para la investigación es experimental aplicada, donde se realizaron varios ensayos con distintas diluciones de los efluentes por agotamiento, en conclusión afirman que proceso foto fenton es eficiente en la descontaminación del agua residual textiles, fotocátalisis solar homogénea se consiguió la decoloración y mineralización de diferentes tipos de aguas de distintos procesos textiles, aplicando este tipo tecnologías los efluentes industriales después de su decoración, se pueden ser reutilizado ya que se encuentro dentro de los límites permisibles.

Según Arriaga (2012) en investigación realizada sobre *tratamiento de pesticidas mediante un sistema acoplado de fotocátalisis solar y humedal subsuperficial*, cuyo objetivo principal es conocer la eficiencia del sistema de fotocátalisis solar y humedal a escala de banco de flujo subsuperficial en tratamiento de una mezcla de pesticidas desusados en los cultivos de caña de azúcar, el método empleado es experimental en el cual utilizó un diseño factorial de tres tipos como el tratamiento biológicos, proporción de agua pre tratada con fotocátalisis, finalmente el sistema de fotocatalizador fue satisfactoriamente en tratamientos de pesticidas comerciales, por lo mismos la disposición de planta tuvo una efecto positiva en la reducción de la DBO₅ ya que los microorganismos ayudaron a reducir biológicamente la carga orgánica.

Según Manrique et al (2017) en su artículo de *Treatment of water contaminated with dyes by photocatalysis with TiO₂ using artificial and solar light*, con el objetivo de evaluar el tratamiento de una mezcla de colorantes azoicos por fotocátalisis con TiO₂ en suspensión, utilizando luz solar y artificial, para lo cual el metodología empleada es reactor anular con iluminación artificial, en distintas dosis de colorantes TiO₂ y H₂O₂, obteniendo como resultados donde la concentración TiO₂ influyeron de manera notoria en reducción de color y DQO, además con energía solar la remoción de color fue

100% en un tiempo de 3 horas y un 80% de DQO, en cuanto de UV- Vis se presenta formación de ácidos carboxílicos y luego la mineralización, finalmente concluye, el uso de fotocátalisis con TiO_2 y luz solar tiene mayor aptitud degradativa para poder remediar cargas con mezcla de colorantes azoicos en el agua.

Según Machaca y Yana (2017) en su investigación realizada de Remoción de cianuros de aguas residuales mineros metalúrgicos por oxidación avanzado y fotocátalisis solar, con el objetivo de determinar la remoción de cianuros de aguas residuales mineros mediante la oxidación avanzada heterogénea y fotocátalisis solar, la metodología consiste en aplicar reactores con agitadores de volumen de 20 litros se prepararon soluciones sintéticas con dosis de 100 ppm de CN todas ajustadas a pH 12, obteniendo como resultados de las pruebas la remoción en función de tiempo y la radiación UV disminuyen considerablemente en un tiempo de 120 minutos se removió 85.28% de cianuros libre (CN^-), finalmente concluye donde el 85.28% de remoción de cianuros utilizando agente oxidante del peróxido de hidrógeno (H_2O_2), sulfuro ferroso de 50 ppm, mientras tanto 29.95% utilizando agentes oxidante sulfato ferroso (FeSO_4) de 50 ppm en presencia de dióxido de titanio (TiO_2) de 0.5 g/L en un tiempo total 120 min.

Según Muñoz y Palomino (2019) en su investigación realizada en la ciudad de Huancayo como, Influencia de la concentración de TiO_2 y tiempo de tratamiento en la degradación de las aguas residuales del camal por fotocátalisis heterogénea, con objetivo de conocer el efecto de las dosis de TiO_2 y el tiempo en la reducción DQO de los efluentes del camal mediante fotocátalisis heterogénea, la metodología empleada en la investigación es experimental, se utilizó dos métodos de fotocátalisis y se preparó 24 L de agua residual sintético del camal con 0.76g/L de biftalato de potasio y tiempo de contacto son de 3 , 4 y 5 horas y la concentración de TiO_2 es de 1, 1.5 y 2 mg/L, obteniendo como resultados el pH ideal del tratamiento es 6, y el tiempo óptimo de contacto de TiO_2 es de 4 h y una concentración de 1.52 mg/L, y el porcentaje de remoción es 86.75% de DQO, a mayor tiempo de tratamiento mayor eficiencia.

Según Mera, Espinoza y Murillo (2018) en su investigación “Remoción de Cr (Vi) en residuos líquidos de laboratorios de servicios analíticos por fotocátalisis heterogénea y bioadsorción” cuyo objetivo fue evaluar las opciones ambientales de fotocátalisis heterogénea y bioadsorción en la degradación de Cr (VI) en residuos líquidos generados en laboratorios de servicios analíticos de la Universidad de Nariño. El método que se ejecutó consistió en un diseño factorial con 23 niveles alto y bajo para favorecer el proceso de la fotocátalisis. se obtuvo como resultados una remoción de 96.07 y 0,65 mediante la fotocátalisis y el 99,94 y 0.01 en el método de adsorción, demostrando que este último método es el mejor para la remoción de cromo. Conclusión. El método de bioadsorción resulta ser un método eficiente y viable para tratar y descontaminar efluentes contaminados por cromo.

Huanca (2019) en su investigación realizada en la ciudad de Huancayo con título “tratamiento de aguas residuales de la universidad Nacional del Centro del Perú por fotocátalisis heterogénea” teniendo como objetivo principal evaluar el porcentaje de remoción de contaminantes de las residuales de la UNCP mediante la fotocátalisis heterogénea. La metodología empleada en esta investigación es experimental la cual consistió en instalar un fotorreactor de manera horizontal en un sitio despejado sin sombra y se introdujo 24 litros de agua residual se agregó dióxido de titanio TiO_2 (1,0 g/L) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y se llegó a analizar dentro de 2 y 4 horas respectivamente. Los resultados con H_2O_2 en un tiempo de 4 horas se logró una remoción de contaminantes de 62.75 %, en un día nublado, finalmente concluye que el tratamiento de fotocátalisis heterogénea es factible para tratar los efluentes contaminados de la UNCP ya que se alcanza una remoción óptima de 67.27%.

Escudero (2015) en su investigación *“regeneración de aguas contaminadas por plaguicidas (sustancias prioritarias y preferentes), con elevado potencial de lixiviación, mediante fotocátalisis solar homogénea”* cuyo objetivo principal fue evaluar la fotoactividad de hidróxido de titanio (TiO_2) y Óxido de Zinc (ZnO) en la remoción de distintos plaguicidas, obteniendo como resultados que un suelo calcisol hipercalcico o un suelo pobre en contenido de materia orgánica adsorbe con facilidad los ingredientes activos de los plaguicidas y estos tienden a diseminarse con facilidad

mediante lixiviación, y en cuanto a los ensayos mediante la fotocatalisis empleando el (TiO_2 y ZnO) incrementa la facilidad de remoción de los residuos tóxicos de los plaguicidas. conclusión, se puede afirmar que mediante el uso de TiO_2 y ZnO más el $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ y la luz solar son alternativas rápidas, viables, efectivas y económicas para remediar aguas contaminadas por plaguicidas.

Chávez (2017) en tesis realizada en la ciudad de Juliaca con título “*eficiencia de un biofiltro en la reducción de carga orgánica de un efluente industrial en la ciudad de Celendín*” con la finalidad de determinar la eficiencia de un biofiltro en la degradación de materia orgánica del agua residual de una industria. Para el desarrollo experimental se elaboró un biofiltro tipo tohá de un metro cubico, se empleó 60 litros de muestra de un efluente industrial láctea. Se hizo la caracterización de la muestra antes de ser tratada. Se obtuvieron como resultados al finalizar el tratamiento la remoción de un 92% en DQO y un 94% de remoción en cuanto a la DBO en grasas y aceites se obtuvo un 96%, sólidos sedimentables 96% y el OD aumentó en un 59 % la cual es indicador de la eficacia que tiene el biofiltro para descontaminar aguas residuales. Con esto se llegó a la conclusión que es factible desarrollar investigaciones en el tratamiento de agua contaminadas usando un biofiltro por los altos porcentajes de remoción que se obtienen siendo superiores al 50 %.

Zambrano (2019) en su investigación “eficiencia del biofiltro a base de los residuos del cultivo de Maíz (*Zea mays*) y cacao (*teobroma cacao*) para remoción de sólidos en agua. El objetivo fue estimar la efectividad del biofiltro para la degradación de contaminantes en aguas, se empleó un diseño experimental y se construyó a base de tubos de 80 cm de alto y 10 cm de diámetro se acondicionó y se agregó los residuos de maíz y cáscara de cacao luego se lavó, desinfecto y se secó. Se realizaron 4 tratamientos y 3 réplicas de T1: 90% maíz – 10% de cacao. T2: 25% maíz - 75% cacao). T3: (75% maíz – 25% cacao) y T4: (20% maíz – 20% cacao) como resultados se obtuvo que el cuarto tratamiento es el mejor porque presentó una mayor remoción de turbidez de 95% de SDT UN 25% Y SDT 84%. Conclusión se afirma que el uso de tecnología a base de biofiltros nos permite mejorar en gran manera la calidad de agua.

Najarro (2018) en su investigación realizada evaluación de los fotocatalizadores H_2O_2 y TiO_2 para el tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de determinar la eficiencia de los fotocatalizadores H_2O_2 y TiO_2 en remoción de contaminantes de aguas residuales en chuquitanta, la metodología empleada en la investigación es experimental aplicada, se utilizó una muestra de 108 L, obteniendo como resultados en la remoción de microorganismos termotolerantes a través de fotocatalizador de TiO_2 es eficiente en un tiempo de 4 horas, con el H_2O_2 se obtuvo menor reducción en comparación con el TiO_2 , en conclusión se comprobó la eficiencia de los fotocatalizadores de H_2O_2 con un 99.94% y TiO_2 de 99.95% siendo ideales en ambos casos en reducción de contaminantes, el mejor resultado fue en un tiempo de 4 horas en comparación de 2 y 3 horas.

Figuerola (2018) en su investigación biofiltros con *Furcraea andina* y *Eucalyptus globulus* para mejorar la calidad del efluente de la piscigranja de Acopalca, cuyo objetivo principal es evaluar los parámetros químicos del efluente de la piscigranja de Acopalca luego de someterlo al biofiltros (*Furcraea andina*) y (*Eucalyptus globulus*), la metodología empleada en la investigación es experimental, teniendo como resultados de la DBO, DQO, amonio, nitrito, nitrato y pH de aplicación de biofiltro de fibra de cabuya ha reducido la concentración de 124.5, 233.5, 84.6, 0.189, 2.87 mg/l a 30.4, 83.2, 24.8, 0.05, 0.38 y un pH de 7.37 para el día 30 respectivamente, en cuanto al biofiltro de madera de eucalipto la concentración en 30 días a reducido a 34.3, 83.2, 25.4, 0.05, 0.39 y un pH estable de 7.36. en conclusión, con la aplicación de ambos biofiltros se logró reducir en gran medida los contaminantes tratados en 3 periodos de retención hidráulica, en un lapso de 30 días.

Tolentino (2017) en su investigación “proceso de oxidación fotocatalítica mediante dióxido de titanio (TiO_2) y luz ultravioleta (UV) para el tratamiento de agua residual de la lavandería del instituto nacional de salud del Niño, San Borja- 2017, cuyo objetivo principal es conocer la eficiencia del método fotocatalítica utilizando dióxido de titanio, la metodología empleada en la investigación es experimental aplicada, en conclusión afirma que el tratamiento permitió la reducción de contaminantes de los efluentes biocontaminados ya que inicialmente los niveles sobrepasaban los límites máximos

permisibles y al finalizar el tratamiento los valores están dentro de los límites permisibles, la concentración que se empleó de TiO_2 fue 0.5 a 1 g/L con pH de 4 y el tiempo conveniente en los ensayos es de 1 a 2 horas.

Ramírez y Zea (2016), en su artículo de Decontamination of industrial textile wastewater using photocatalysis, nos indica que si ha preparado catalizadores de TiO_2 dopados con hierro por impregnación para conocer su actividad fotocatalítica en remoción de contaminantes de aguas residuales de las industrias textiles, en el cual se realizó la caracterización de los catalizadores antes y después de la reacción a través de técnicas que incluían de la medición del área superficial, teniendo como resultado donde los catalizadores de $\text{TiO}_2\text{-Fe}$ demostraron ser muy eficiente en reducción de DQO un 96% y el color del aguas tratada, la utilización de catalizador de $\text{TiO}_2\text{-Fe}$ preparado de impregnación muestro un alto de disminución de DQO y % de reducción de color en las aguas residuales de la industria textil.

Velosa, Loaiza y Quiñones (2019), en su artículo de investigación Photocatalytic degradation of Hydrocarbons present in water, using Fe (iii) modified TiO_2 . Con el propósito de degradar de hidrocarburos totales en mezcla de aguas sintéticas a través de fotocatálisis heterogénea, la metodología empleada como detección fotométrica y partición gravimétrica, los reactores con capacidades volumétricas de 15 ml y 1L. el porcentaje de degradación de hidrocarburos es 91%, se concluye que la metodología empleada es factible para la reducción de costos asociados al tratamiento, la capacidad de remoción de TiO_2 como semiconductor es eficaz por lo que ha demostrado ser una alternativa real en tratamiento de las aguas mejorando las condiciones fisicoquímicas.

Torres (2014), en su investigación de tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltro, con el objetivo de desarrollar y optimizar procesos y eficientes en tratamientos de las aguas residuales de las industrias, donde se aplicó el proceso de oxidación H_2O_2 , con radiación ultravioleta, Fenton, foto-Fenton y con biofiltro de sustratos de palma (*Phoenix dactylifera*) y aserrín de balsa (*Ochroma pyramidale*). Para el tratamiento con H_2O_2 ,

si considero un pH de 3 en un tiempo de 1 y 2 horas y una dosis 42 Mm de H₂O₂, para el biofiltros se consideró el caudal 10 ml/min y una altura 30 cm, tiempo de retención 1.3 horas. Finalmente se afirma los biofiltros no son eficiente en la remoción de DQO, DBO₅, sin embargo, en COT se considera una reducción así mismo en color la reducción es mínima tan solo de 26% de balsa 14% de palma, los biofiltros no son capaces de degradar el color de los efluentes industriales agropecuaria.

Agroquímicos: son sustancias químicas ampliamente usadas en la agricultura, con la finalidad de prevenir, repeler, controlar y eliminar las enfermedades y plagas de los cultivos y de esta manera incrementar los rendimientos de sus cosechas. Dentro de los agroquímicos tenemos a los insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, fertilizantes sintéticos y fitorreguladores. La mayoría de los agroquímicos contienen sustancias tóxicas que van a generar impactos negativos al ambiente por el grado de toxicidad y la persistencia. (Avalos, 2009).

Por su naturaleza los podemos encontrar de forma granular, polvo, suspensiones, líquidos o también en forma de gas y fumigantes. Los métodos de aplicación más conocidos y utilizados por los agricultores son las pulverizaciones, que consiste en hacer uso de una mochila de fumigar o motobomba con una capacidad de 15 a 20 LT donde se mezcla la solución y se realiza la fumigación en el campo de cultivo y las gotas que se emanan son de 150 micras y 450 micras. La atomización, este método se ayuda básicamente del aire y se logra una gran uniformidad en la fumigación y las gotas son de un diámetro de 50 y 160 micras y por último tenemos a la nebulización o también conocidos como aerosoles este método es recomendable usar en lugares cerrados debido a que las gotas son de 0,5 y 50 micras y tienden a ser diseminadas con facilidad por el viento y pierde su poder de efectividad (Murillo, 1987).

Tipos de agroquímicos

Fertilizantes: son sustancias artificiales creadas por el hombre, su uso se inició a partir de la segunda guerra mundial. Por los grandes beneficios que este proporcionaba a los cultivos, con el uso de fertilizantes se logró en las plantas mayor

vigorosidad, inducir el crecimiento y aumentar significativamente la producción y de esta manera hace que los cultivos sean más rentables. Los componentes de los fertilizantes suelen lixiviarse con facilidad y terminan causando impactos negativos al ambiente principalmente al suelo y a los efluentes de agua (Rodríguez, McLaughlin y Pennok, 2019) Los fertilizantes usados con mayor frecuencia en la agricultura son los nitrogenados y fosforados.

Nitrógeno es un elemento esencial en la síntesis de proteína y fotosíntesis, además porque forma parte de las enzimas, proteínas y clorofila por otro lado también ayuda en el crecimiento de las plantas, mejora el sistema foliar y favorece la vigorosidad de las plantas. Una planta con deficiencias de nitrógeno su principal característica es su sistema foliar amarillento. Entre los principales abonos nitrogenados tenemos la urea, nitrato amónico y sulfato amónico (Moreno, 2015)

El nitrógeno lo podemos encontrar como nitratos, estos no se fijan firmemente a la tierra si no que presentan una alta movilidad por efectos de la lluvia y por el agua de riego suelen lixiviarse llegando a contaminar la capa freática, los ríos, lagos y lagunas.

En suma, Silva, Cobelas y Gonzales (2017). Señala que el fósforo es un macronutriente muy importante para fortalecer el sistema radicular de las plantas, favorece el crecimiento, además ayuda a que las plantas tengan una buena producción porque promueve la floración y cuajado de frutos. Sin embargo, el exceso de concentraciones de fósforo en los sistemas acuáticos va a generar el crecimiento de algas estas se caracterizan por consumir grandes cantidades de oxígeno afectando el equilibrio de los sistemas acuáticos.

Herbicidas: Son sustancias químicas a base de sulfitos, triazinas, imidazolinas, acetanilidas, derivados benzoicos y benzonitrilos que sirven para destruir malezas. Existen dos tipos según su finalidad de empleo. Herbicidas selectivos que son especialmente para un solo tipo de plantas haciendo que el cultivo no se perjudique. Y herbicidas totales que sirven para erradicar todo tipo de plantas (Fernández et al, 2013).

Insecticidas: Son sustancias químicas que se emplean a menudo para erradicar, controlar y repeler insectos. Y dentro de los grupos químicos que pertenecen tenemos a los principales como son los, clorados, organofosforados, Carbamatos y piretroides (Moreno, 2018).

Fungicidas (*fungicidae*): son agentes químicos empleados como inhibidores de crecimiento de esporas, así como también para expeler hongos y mohos que resulten perjudiciales para las plantas y animales. Todos los fungicidas tienen altos porcentajes de efectividad contra los hongos. Su grado de toxicidad es alto y puede causar daños fisiológicos a las plantas si no se usa la dosis adecuada. Dentro los fungicidas según su composición química tenemos a los metaxiacrilatos, triazoles, bencimidazoles, derivado del benceno y ditiocarbamato (Pinto, 2017)

Nematicidas: Son sustancias químicas con amplio espectro muy tóxicas poseen alta volatilidad para dispersarse por el ambiente. Este plaguicida se usa con la finalidad de matar nematodos que se encuentran causando daños a las plantas. El nematicida más usado hoy en día es el aldicarb empleado en el cultivo de papas (Chitwood, 2003).

Fitorreguladores: Son sustancias a base de hormonas que permiten el rápido crecimiento de las plantas, estimulan el desarrollo del sistema radicular para de esta manera modificar o acelerar el proceso fisiológico de las plántulas. Entre las principales hormonas se pueden encontrar a las auxinas, citocininas, giberelinas, el etileno y el ácido abscísico (Casas y Centeno, 2017).

Agroquímicos según su peligrosidad: por su composición química y por su efecto nocivo a la salud y al medio ambiente los podemos clasificar de la siguiente manera.

Según sus propiedades físico-químicos: Explosivos: son aquellos productos químicos que suelen explosionar y mediante esta reacción liberan calor y gases. Comburentes: son productos que al entrar en contacto con otros plaguicidas van a generar una reacción de combustión. Inflamable: son sustancias líquidas con un bajo porcentaje de encendido. Extremadamente inflamable: agroquímicos que a condiciones favorables suelen arder fácilmente (Fernández et al, 2013).

Según los efectos en la salud: Muy tóxicos son aquellos plaguicidas que, al ser inhalados, consumidos, o absorbidos por medio de los poros de la piel van ocasionar daños crónicos, agudos inclusive la muerte. Tóxicos estos compuestos químicos al

ser inhalados, consumidos o absorbidos van ocasionar daños crónicos, agudos, llegando inclusive a la muerte. Nocivos: pesticidas que al ser inhalados, consumidos o absorbidos van ocasionar daños crónicos, agudos, provocando la muerte. Corrosivos: son todos aquellos productos químicos que al entrar en contacto con la piel van a quemar el tejido causando graves daños. Irritantes: causan inflamaciones por estar en contacto por tiempos prolongados, breves o repetidos. Carcinogénicos: son sustancias tóxicas que producen cáncer por ser inhaladas, absorbidas o ingeridas. Mutagénicas: estos suelen causar malformaciones o trastornos genéticos hereditarios. Tóxicos para la reproducción: suelen causar efectos negativos al disminuir la capacidad para reproducirse y afecta al sexo masculino y femenino (Fernández et al, 2013).

Demanda química de oxígeno (DQO): Mide la cantidad de sustancias susceptibles para oxidar la materia orgánica que se hallan en suspensión en una muestra del agua, bajo circunstancias necesarias como un agente oxidante, temperatura y tiempo. Este parámetro se usa para cuantificar el límite de contaminación que existe en las aguas y se expresa en (mg O₂/l). Este método es viable a realizar en aguas residuales, pluviales, así como también en ríos, lagos y lagunas etc. La demanda química de oxígeno varía de acuerdo a las diferentes características de las muestras, posibilidades de oxidación y otras variables. (León, 2015).

Conductividad eléctrica (CE): Es la capacidad que tiene el H₂O para transportar corriente eléctrica en función a la concentración de sales en el agua, si mayor es la concentración de iones la conductividad del agua tiende a ser mayor. Los resultados obtenidos en la conductividad eléctrica son usados para determinar la concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT) (Roldán y Ramírez, 2008).

pH: Es un parámetro químico del agua que se lleva a cabo para determinar la calidad del agua, el análisis nos indicara la proporción entre la disolución del dióxido de carbono y de las rocas básicas (silicatos y carbonatos) mediante estudio se determinara el grado de acidez o alcalinidad del agua, teniendo en cuenta que los análisis se ejecutan en una escala que va desde 0 –14, siendo el número 7 la mediana neutral, si es menor de 7 se considera ácido y si tenemos un pH mayor de 7 el agua va a ser básica o alcalina (Kubitza, 2017).

Temperatura: Es un factor físico que determina la cantidad de calor en los cuerpos de agua, la temperatura en el agua desarrolla un rol primordial para la salud de las especies de flora y fauna del medio acuático. Ya que esta tiene influencia directa sobre la oxigenación y densidad del H₂O (Nieto, 2015).

Tecnologías avanzadas de oxidación: Los PAO son procesos que consisten en remover sustancias químicas complejas biodegradables, también reducen la carga orgánica y microbiológica presente en el agua. Estas tecnologías tienen alta capacidad de oxidar gran cantidad de contaminantes que a través de los procesos fisicoquímicos van a lograr generar transformaciones significativas en la estructura química de las sustancias contaminantes, para ello se necesita el uso de sustancias transitorias con alto poder oxidante principalmente como el radical hidroxilo (HO), que es eficaz para lograr oxidar la carga orgánica (Forero, Ortiz y Ríos, 2005).

Procesos fotoquímicos: Consiste en la aplicación de luz, idealmente la luz solar que es una tecnología más ecológica, esta radiación actúa directamente en el sistema, además se funciona como la fuerza impulsadora detrás de la activación de un fotocatalizador, donde la molécula en su estado fundamental (no excitada) es capaz de absorber un cantidad de energía lumínica, lo cual genera una transición electrónica pasando a un estado de mayor energía o excitada, y la remoción de los contaminantes en aguas residuales es posible gracias a la influencia directa de la radiación y de la longitud de onda adecuada, además aumenta la consistencia del sistema por lo que ya es permitido el uso de una amplia variedad de oxidantes (Bes, Silva y Bengoa, 2020).

Fotocatálisis es una reacción química que transforma la energía solar a energía química en una superficie de un catalizador, donde el semiconductor acelera la reacción formando la transición de pares electrón-hueco de la banda de valencia hacia la banda de conducción, durante el proceso tiene un lugar que existe como la reacción, oxidación y la reducción (Faraldos, 2016).

Fotocatálisis heterogénea con dióxido de titanio (TiO₂) Consiste en emplear material sólido, el fotocatalizador, cuando está expuesta a una fuente de luz idónea genera especies reactivas como los radicales (HO), estos impulsan reacciones de reducción u oxidación, y se fundamenta en la aplicación de material semiconductor

como catalizador y es conectado por la presencia de luz que genera reacción redox para transformar o modificar los contaminantes a sustancias biodegradables o mineralización completa. El semiconductor como catalizador más empleado en tratamiento de aguas es dióxido de titanio (TiO_2) de forma cristalina anatasa, por lo que más eficaz para la fotocátalisis como catalizador en material químico y biodegradable y resistente a fotocorrosion, destrucción de contaminantes en soluciones acuosas. (Sarria et al, 2005).

Longitud de onda e intensidad de la luz: La introducción de los fotones es más corta dentro de la partícula de (TiO_2) inferior a 400 nm, la absorción por las moléculas del semiconductor con mayor fuerza es cuando menor sea la longitud de onda, además genera pares electrón hueco más próximo de la superficie, el tiempo es reducido para el traslado de electrón hacia superficie de la partícula, en cambio la absorción de energía es mayor cuando la longitud de onda introducida es menor (Garcés, Mejía y Santamaría, 2004).

Radiación solar es un conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, al llegar a la superficie terrestre desarrolla un rol importante debido a que las longitudes de onda cortas del espectro solar son responsables de diversos procesos biológicos en los seres vivos además de procesos físico-químicos que se efectúan en la atmosfera. Las radiaciones electromagnéticas, la frecuencia y longitud de onda determinan la cantidad de energía para transformar y degradar los contaminantes en el agua durante el proceso de fotocátalisis (Román, 2014).

Dióxido de titanio (TiO_2) es un óxido metálico abundante en la corteza terrestre, esto en medios normales podría alcanzar a reaccionar con el oxígeno, creando así óxido de titanio, así mismo el dióxido de titanio comparece mayores actividades fotocatalíticas, al no ser tóxico es el más estable en soluciones acuosas. Existen distintas formas de encontrarlo en la naturaleza como rutilo, brookita y anatasa. El TiO_2 de forma anatasa es el más utilizado en el tratamiento de aguas por su eficiencia y su estabilidad (Nevárez et al, 2017).

Fotorreactores existen varios tipos y diferentes diseños los cuales aprovecha la luz como alimento, también se conoce como un método que se basa en reacciones químicas que se incita por la influencia de la luz.

Colector parabólico compuesto (CPC) se utilizara en este trabajo ya que son más empleados en la actualidad por su eficiencia, y son colectores estáticos, mayormente utilizados para los tubos de vacío, y tiene la capacidad de reflejarse al foco lineal toda la radiación incidente que captan, los cuales están constituidos por una superficie reflectante, así mismo los rayos solares son reflejados por la superficie reflectora del colector parabólico compuesto hacia el absorbedor, se logra con un ángulo de inclinación del colector en forma de horizontal semejante a la latitud de lugar, además estos reactores sin concentración se tiene una relación entre velocidad de la reacción y la intensidad de la radiación incidente obteniendo una relación lineal (Tapia y Del rio, 2009).

Biofiltros: Son dispositivos que se construyen a base de diferentes restos filtrantes, su composición es un medio filtrante y diversas capas de materiales orgánicos e inorgánicos, este método es ampliamente usado para la remoción de contaminantes como DBO, coliformes fecales, sólidos en suspensión, aceites y grasas, etc. (Vicente, 2016).

Descripción del árbol de balsa (*Ochroma pyramidale*) para el biofiltro: El árbol de balsa (*Ochroma pyramidale*) es una especie maderable con escasos estudios donde se haya utilizado su madera como relleno en biofiltros para realizar el tratamiento de aguas contaminadas. Por su ligereza y flexibilidad la hace ideal para algunos usos industriales.

Es un especie forestal y maderera, su forma de cultivo es de forma natural y por reforestación, se encuentran en la selva subtropical, su crecimiento promedio es 20 a 30 metros de alto y con diámetro de 30 a 90 cm, es uno de los recursos forestales más aprovechable, que se da uso en artesanías, construcciones en capas de material sintético, así mismo es utilizado como material aislante masivo y libre de fuerzas electrostáticas en barcos, además se utiliza de manera limitada en producción de pulpa y papel (González et al, 2010).

Composición química de balsa (*Ochroma pyramidale*): Las principales composiciones químicas de la madera balsa, son 1,64% de cenizas, 3.12% para los extractos del etanol benceno, 5.07% para etanol, 8.46% extractos totales, 26.83% de

lignina, 83.52% para holocelulosa, 47.63% de α -celulosa y 42.85% para hemicelulosa, por las composiciones que tienen la madera balsa se utiliza en procesos del pulpeo y de bioconversión, por lo que contiene mayores cantidades de holocelulosa y hemicelulosa (Honorato et al, 2015).

para la elaboración de un biofiltro a base de balsa se tomará las astillas de la (*Ochroma pyramidale*) y se construirá en forma cilíndrica para prevenir que se formen las zonas muertas, para este tipo de diseño de biofiltro se tiene en cuenta los siguientes factores que vienen hacer altura, tiempo, caudal de ingreso y retención hidráulica, estos factores nos permiten obtener un efluente con las características deseadas, debido a que si el caudal es bajo nos va permitir el correcto funcionamiento y así evitar que se taponen los empaques. En cuanto a la altura es recomendable de 1 metro en adelante para que la cama orgánica y materiales del biofiltro tengan el tiempo suficiente para absorber los contaminantes mientras que se produce la percolación del efluente contaminado.

Condiciones físicas para el biofiltro

Caudal (Q) $Q = \frac{V}{T}$

V=volumen en milímetro

T=tiempo en segundos

Altura (H) $L = \frac{V_B}{\pi D^2}$

Dónde:

El volumen de biofiltro se expresa en cm³ y la longitud se expresa en cm

Área del biofiltro (Ab): las medidas serán en cm²

$$A_B = 2. \pi. r (H. r)$$

H = Altura de biofiltro

Tiempo de retención hidráulica (TRH)

$$TRH = \frac{V_B}{Q}$$

TRH = Tiempo de retención hidráulica

Q = Caudal

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipos y diseño de investigación

Este tipo de investigación es aplicada, debido a los objetivos planteados y al enfoque que se le está otorgando para resolver un problema en la alteración de los parámetros del agua por el uso de agroquímicos en la laguna Pacucha-Apurímac.

El diseño de esta investigación es experimental pura, por lo general se manipulan las variables, independiente y dependiente (Hernández et al, 2010).

3.2 Variables y operacionalización.

Sistema de fotocátalisis-biofiltro.

Los sistemas de fotocátalisis-biofiltro son métodos combinados que se utilizan para reducir los contaminantes en el tratamiento de aguas. Fotocátalisis es el aceleramiento de un fotorreactor en presencia de un catalizador con la ayuda de energía solar. El biofiltro es una técnica que emplea diferentes partes de una planta, con la finalidad de degradar o absorber contaminantes (Vicente, 2016).

Remoción de agroquímicos del agua.

Los agroquímicos son productos que se utilizan en el sector agrario con el fin de proteger los cultivos contra plagas y enfermedades, estos generan impactos negativos al ambiente además son tóxicos para los seres humanos (Avalos, 2009).

3.3 Población, muestra y muestreo

El agua de la laguna de Pacucha con volumen aproximado de 118'010,495 m³, y longitud 3.97 km y con una profundidad de 30 m.

La muestra corresponde a 80 L de agua, para realizar el tratamiento de contaminantes a base de fotocátalisis usando TiO₂ en concentraciones de 4 g y 2 g distribuidos en 20 L cada una, luego se complementó el tratamiento usando un biofiltro a base de (*Ochroma pyramidale*) para complementar el tratamiento.

El muestreo fue por conveniencia, la recolección de muestras del agua de la laguna Pacucha se procedió mediante aleatoria simple, los puntos de muestreo fueron georreferenciados mediante GPS

El método empleado es según Protocolo Nacional para el monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N°010-2016-ANA).

La unidad de análisis fue de 1 L del agua de la laguna Pacucha antes del tratamiento para poder determinar los agentes contaminantes de los agroquímicos y al finalizar el tratamiento por fotocátalisis y biofiltro para ver la eficiencia en remoción de contaminantes.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó en la investigación es la observación y revisión documental para poder determinar las características físicas y químicas del agua de la laguna Pacucha antes y después del tratamiento.

Instrumento: para la ejecución de la investigación se tomó en cuenta el siguiente instrumento.

Ficha de registro: esta metodología consiste obtener datos desde etapas preliminares hasta etapa final, registro de datos del campo y de laboratorio y posteriormente plasmarlo en las fichas en dicha investigación, en la tabla 1 muestra el procedimiento.

Tabla 1: *procedimiento de recolección de datos*

Etapas	Fuentes	Técnicas	Instrumentos	Resultados
Ubicación, identificación de Zona de estudio	Laguna Pacucha Apurímac	Observación	Fichas de registros de datos en campo, y ubicación de punto estudio.	Lugar de estudio identificado y puntos de muestreo
Recolección de muestra del agua de la laguna de Pacucha	Agua de laguna de Pacucha	Revisión documental	Ficha de registro de datos del campo y respectivas rotulaciones	Recolección de 80 L de agua de la laguna de Pacucha
Análisis de la muestra del agua de la laguna de Pacucha antes de realizar el tratamiento	Agua de la laguna de Pacucha	Observación experimental	Ficha de apuntes de datos en campo y en laboratorio.	Características fisicoquímicas, del agua muestreada, identificando y evidenciando la contaminación.
Realizar el tratamiento en el fotorreactor con distintas dosis de TiO_2	Agua tratada a través de fotorreactor	Observación experimental	Ficha de datos del laboratorio	Aplicación de fotocatalizador de TiO_2 en aguas con agroquímicos de la laguna de Pacucha.
Análisis de la muestra del agua de la laguna de Pacucha al término del tratamiento.	Agua descontaminada a través fotorreactor	Observación experimental	Ficha de anotación de datos del laboratorio	Comprobación de la disminución de los concentración de agroquímicos en el agua de la laguna de Pacucha
Aplicación del tratamiento con biofiltro (<i>Ochroma pyramidale</i>)	Agua tratada mediante biofiltro (<i>Ochroma pyramidale</i>)	Observación experimental	Ficha de anotación de datos del laboratorio	Ejecución de biofiltro en aguas de la laguna de Pacucha
Análisis de la muestra de agua de la laguna de Pacucha	Agua tratada mediante sistema fotorreactor y biofiltro	Observación experimental	Ficha de anotación de datos del laboratorio	Comparación de la reducción de contaminantes mediante el proceso de fotorreactor y biofiltro de la laguna de Pacucha
Interpretación y análisis de los resultados	Gabinete	Observación experimental	Ficha de registro de resultados y análisis del laboratorio	Procesamiento e interpretación de datos finales

3.5 Procedimiento.

Esquema de trabajo de campo y redacción de informe final de la investigación

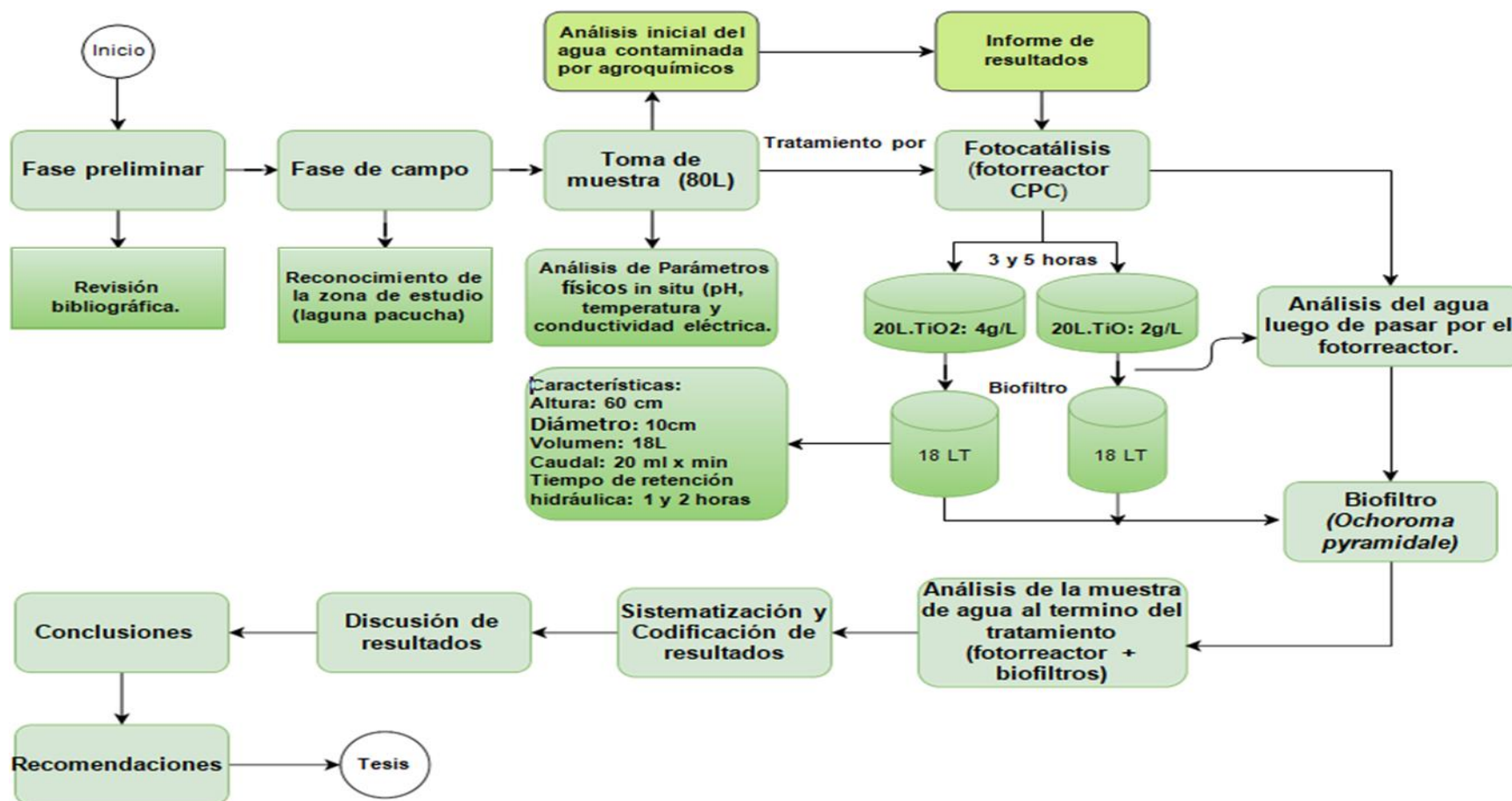


Figura 1: Diagrama del flujo de operación

Fase I: Preliminar.

En esta etapa se realizó la revisión documental y bibliográfica que ayudó a tener una perspectiva general de la metodología empleada, además se eligió los antecedentes para realizar la discusión de resultados al final de la investigación.

Fase II: Construcción del fotorreactor (CPC) y biofiltro.

Diseño del fotorreactor (CPC):

La construcción de fotorreactor se realizó a base de tubos de PVC, 4 tubos acrílicos transparentes, 2 uniones universales, 2 llaves de paso, reducciones 2" a 1.1/2, 4 codos de 2", un tanque de 20 L, una plataforma de aluminio en el fotorreactor que ayuda a retener y reflejar la radiación solar, y una estructura de madera que sostiene al diseño con un grado de inclinación de 45° y por ultimo una electrobomba de 0,5 PH que es utilizada para la recirculación del agua.

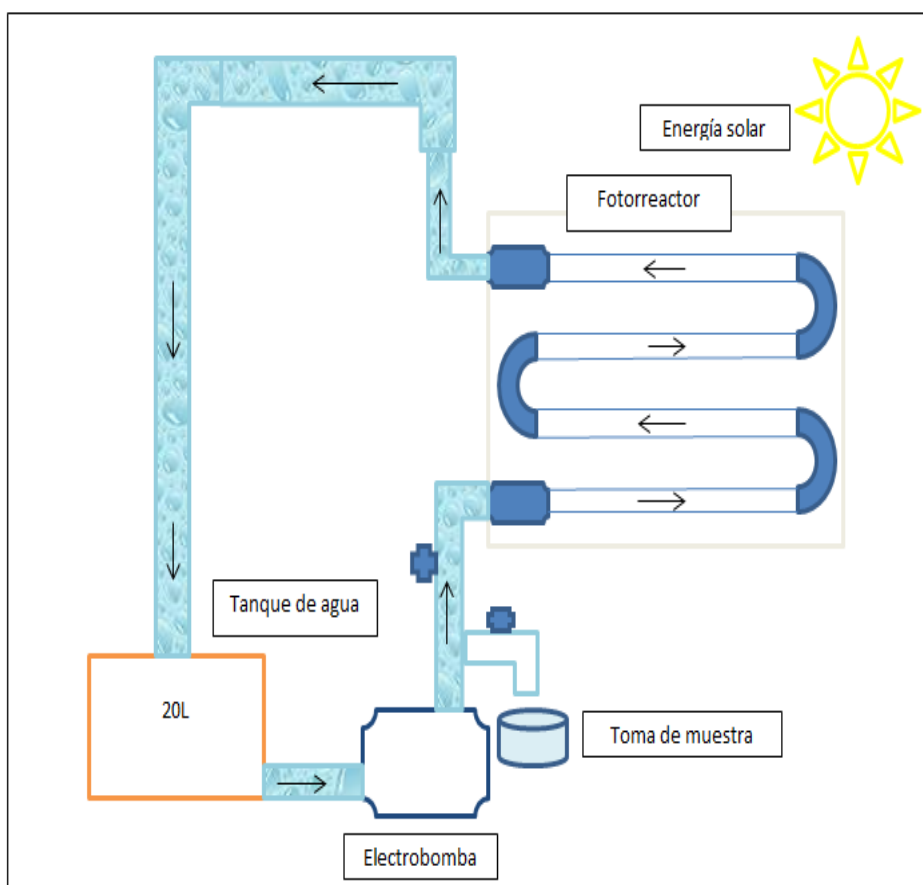


Figura 2: Diseño de colector parabólico compuesto (CPC)

Diseño del biofiltro:

Para la construcción del biofiltro se utilizó tubo de PVC de 4" con una altura de 60 cm, 10 cm de diámetro, para la obtención del aserrín se cortó un árbol de balsa de 4 metros de largo aproximadamente, se dejó secar por un periodo de 12 días, luego con la ayuda de una cortadora se procedió a obtener el aserrín del tronco de balsa, y se deja secar por 7 días para luego utilizar como relleno para el tratamiento.

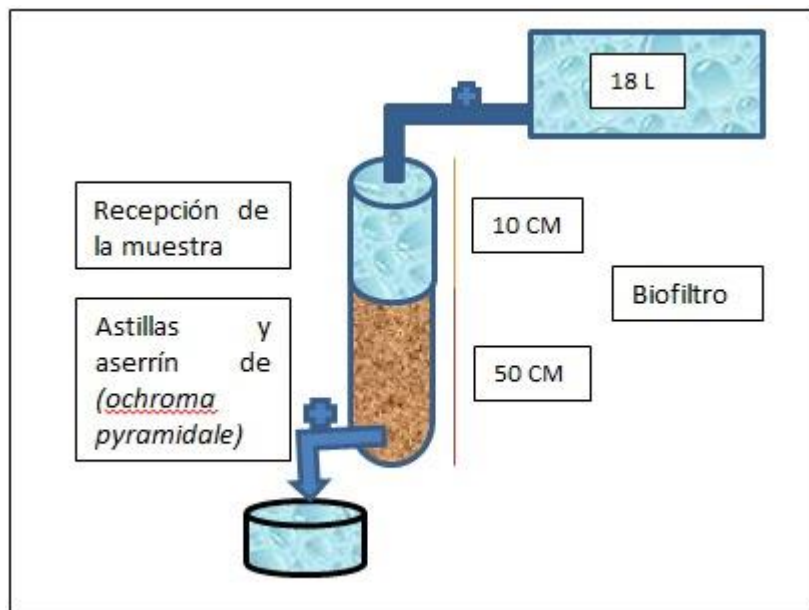


Figura 3: Diseño del biofiltro

Operación del sistema de biofiltro

Caudal (Q) $Q = \frac{20ml}{1min}$

Altura (H) $L = \frac{18840ml}{\pi(10cm)^2}$

$$L = 60cm$$

Area del biofiltro (Ab):

$$A_B = 2 \cdot \pi \cdot 10cm (60cm + 10cm)$$

$$A_B = 4396\text{cm}^2$$

Tiempo de retención hidráulica (TRH)

$$TRH = 1 \text{ hora}$$

$$TRH = 2 \text{ hora}$$

Fase III: Reconocimiento de la zona de estudio

En esta etapa se realizó el viaje con destino al distrito de Pacucha donde se encuentra la laguna con el mismo nombre, se reconoció la zona de estudio sus características topográficas del lugar para determinar los puntos de muestreo.

Mapa de ubicación del lugar de estudio

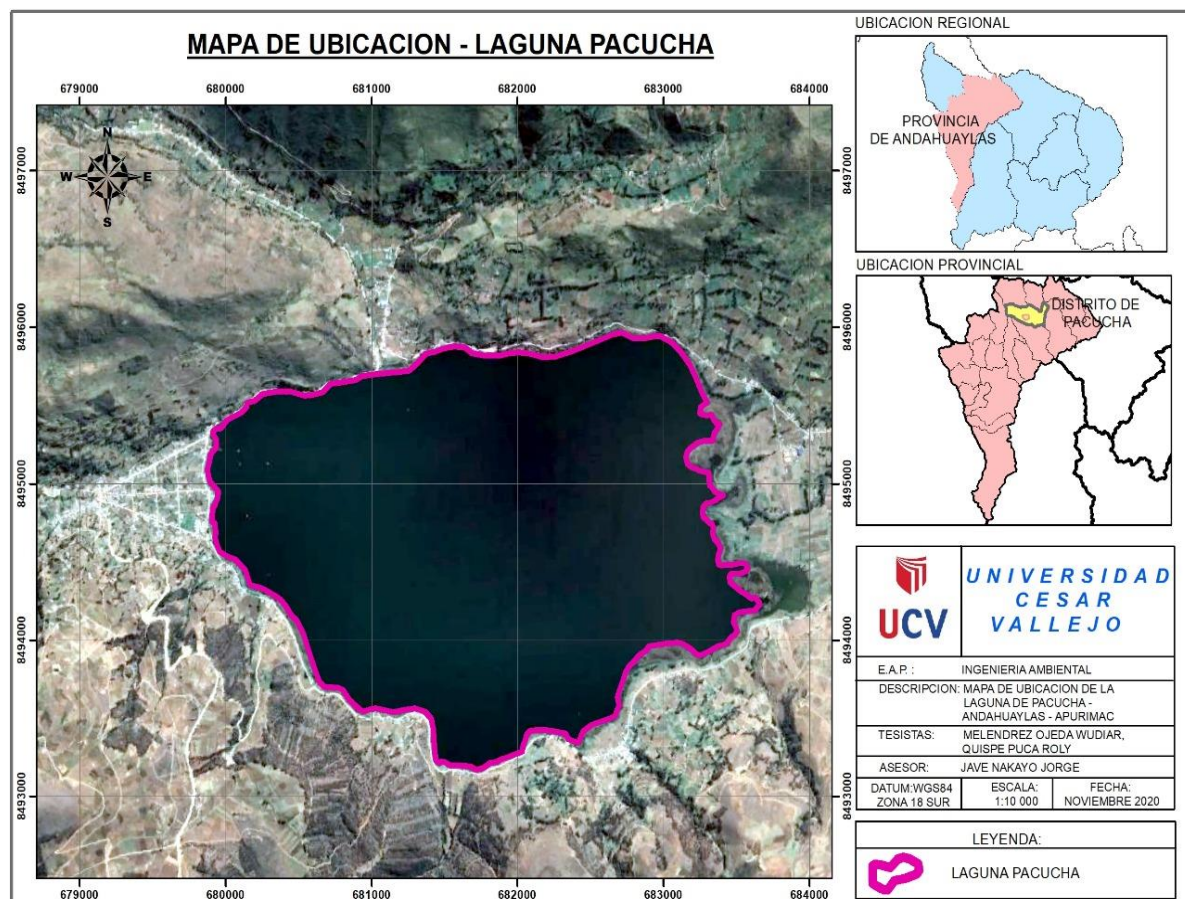


Figura 4: Ubicación de la laguna de Pacucha, imagen de google earth adaptada al Software Arc Gis, versión 10.4.1.

Fase IV: Toma de muestras

Fue por conveniencia y se eligieron 5 puntos de muestreo siguiendo el protocolo nacional de monitoreo de calidad de recursos hídricos superficiales establecidos por el ANA; se tomó las coordenadas de cada punto de muestreo, ficha de registros, análisis de parámetros físicos in situ, CE, pH y temperatura, la muestra se recolectó en frascos de 1 L cada uno siendo un total de 80 L, se realizó la rotulación, etiquetado y se colocó dentro de un cooler para preservar las muestras.



Figura 5: ubicación de puntos de muestreo, imagen de google earth

Tabla 2: Coordenadas de los puntos de muestreo

Estación	Coordenadas en UTM	
	Norte	Este
P-1	8495257.55	679886.16
P-2	8494107.92	680420.73
P-3	8493434.78	682632.00
P-4	8494773.35	683363.1
P-5	8495851.62	683130.13

Fase V: Tratamientos

Al iniciar el tratamiento se procedió a analizar 1L de agua para conocer la concentración de agroquímicos en el agua. Después se realizó el tratamiento en el fotorreactor.

Fotocatálisis (fotorreactor CPC): se llevó acabo el primer tratamiento con un volumen de 20 L de agua en cada tratamiento con dosis de TiO_2 de 4g y 2g, por un periodo de 3 y 5 horas de recirculación de la muestra dentro del sistema del fotorreactor.

Una vez terminado el tratamiento en el fotorreactor se realizó un segundo análisis para saber la reducción de los agentes químicos presentes en el agua.

Biofiltros: al finalizar el tratamiento en el fotorreactor se procedió a realizar el tratamiento en los biofiltros de aserrín de Balsa, se tiene 18 L para cada biofiltro estos tendrán una altura de 60 cm, 10 cm diámetro, caudal 20 ml/min con un tiempo de retención hidráulica de 1 y 2 horas.

Se realizó el análisis final al término de los dos tratamientos para determinar la eficiencia de los dos sistemas fotorreactor-biofiltro en la remoción de agroquímicos.

Fase VI: Sistematización y codificación de resultados:

Para esta fase se empleó la estadística aplicada e inferencial con la ayuda del software Microsoft Excel donde se realizaron cuadros y gráficos comparativos para determinar el porcentaje de reducción de agroquímicos en cada etapa del tratamiento del agua.

Fase VII: Discusión resultados:

Mediante los resultados de la investigación al término del tratamiento del agua contaminada por agroquímicos, se constató los resultados de la investigación con los estudios de los antecedentes para discutir o afirmar los resultados.

Fase VIII: Conclusiones.

En esta fase se dio respuesta a los objetivos planteados al inicio de la investigación que tienen como enfoque principal realizar el tratamiento de las aguas contaminadas por agroquímicos y de esta manera contribuir a remediar un problema que aqueja al ecosistema de la laguna de Pacucha.

3.6 Método de análisis de datos

Para el desarrollo de investigación se empleó la estadística aplicada e inferencial y los programas de Microsoft Excel, Además se utilizó el laboratorio para análisis de las

aguas contaminadas de la laguna Pacucha, una vez terminado los análisis se plasmó los resultados en el Excel donde se mostró las concentraciones de los contaminantes antes y después del tratamiento de los cuales se obtiene los valores totales y porcentaje de reducción.

3.7 Aspectos éticos

La investigación se desarrolló siguiendo las normas contempladas por la universidad cesar vallejo, entre ellas tenemos: el código de ética, el reglamento de investigación, la línea de investigación y la guía de productos de investigación además se usó el software turnitin para validar la originalidad del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

Características fisicoquímicas del agua antes del tratamiento.

Tabla 3: *Parámetros iniciales del agua de la laguna Pacucha*

Datos iniciales						
parámetros físicos		Parámetros químicos				
Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	pH	OD (ppm)	DQO (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)
18.1	728	7.43	6.80	242.7	35.55	96.32

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se aprecian las características fisicoquímicas del agua antes del tratamiento, evidenciándose un alto contenido de nitrógeno total, fósforo total, y alta contaminación por materia orgánica superando los estándares de calidad ambiental del agua para este tipo de ecosistemas (D.S. N° 004-2017 MINAM).

Tabla 4: *Tratamiento del agua por fotocátalisis con TiO₂*

Tratamientos por fotocátalisis con TiO ₂											
Tratamientos	Dosis (g/L)	Volumen Total (L)	Tiempo de contacto (H)	Temperatura				pH			
				1ra	2da.	3ra.	4ta	1ra	2da.	3ra.	4ta.
1	4	20	3	21.20	27.80	29.90	31.60	7.54	7.63	7.63	7.70
2	2	20	5	19.80	25.90	30.50	28.40	7.45	7.53	7.97	7.95
3	2	20	3	20.5	27.9	31.9	32.4	7.60	8.04	8.11	8.09
4	4	20	5	18.4	29.8	31.8	28.9	7.63	7.84	7.91	7.96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4, se muestran los 4 tratamientos realizados:

Tratamiento 1 con un volumen de 20 litros durante un periodo de contacto de 3 horas y una dosis de 4g/L de TiO₂.

Tratamiento 2 con un volumen de 20 litros durante un periodo de contacto de 5 horas y una dosis de 2g/L TiO₂.

Tratamiento 3 con un volumen de 20 litros durante un periodo de contacto de 3 horas y una dosis de 2g/L TiO₂.

Tratamiento 4 con un volumen de 20 litros durante un periodo de contacto de 5 horas y una dosis de 2g/L TiO₂.

Así mismo, se observa en los 4 tratamientos el comportamiento ascendente de la temperatura y el pH.

Características fisicoquímicas del agua de la laguna Pacucha tratada por fotocátalisis

Tabla 5: Resultados después del ensayo por fotocátalisis

Resultados del tratamiento por fotocátalisis con TiO ₂														
Tratamiento	Dosis (g/L)	Tiempo (h)	Parámetros fisicoquímicos (mg/L)											
			CE (µS/cm)		pH		OD (ppm)		DQO (mg/L)		Nitrógeno T (mg/L)		Fósforo T (mg/L)	
			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	4	3	728	678	7.43	7.28	6.8	7.7	242.7	203.7	96.32	54.74	35.55	25.8
2	2	5	728	718	7.43	7.66	6.8	7.9	242.7	204.8	96.32	95.19	35.55	34.82
3	4	5	728	677	7.43	7.58	6.8	7.5	242.7	220.9	96.32	94.87	35.55	30.17
4	2	3	728	685	7.43	7.65	6.8	7.8	242.7	236.1	96.32	85.82	35.55	29.77

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, se aprecian los resultados de los 4 tratamientos de 3 y 5 horas de contacto del agua con el TiO₂ en dosis de 4 y 2 g/L respectivamente.

Se observa una eficiente de reducción del nitrógeno, fósforo y la demanda química de oxígeno. Resaltando el tratamiento 1 con mayor eficiencia reductora de nitrógeno, fósforo, DQO y aumento del oxígeno disuelto en comparación con los otros 3 tratamientos.

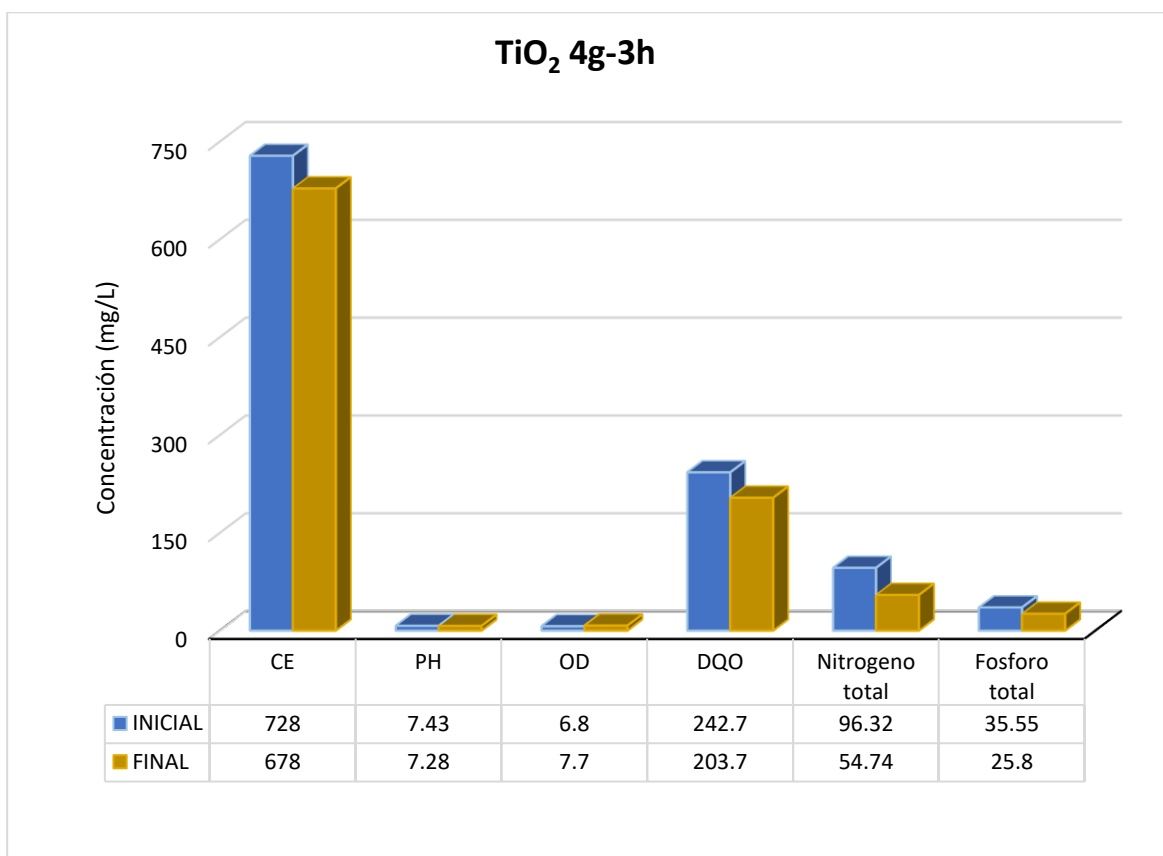


Figura 5: Tratamiento por fotocátalisis con 4g de TiO₂-3h

En la figura 5, se muestra el tratamiento de fotocátalisis utilizando 3 g/L de TiO₂ en un tiempo de contacto de 3 horas con el agua. Sobresaliendo la reducción del Fósforo total a 25.8, Nitrógeno total 54.74, DQO a 203.7 y pH 7.28, sin embargo, el OD aumento siendo un factor importante en la conservación de los sistemas acuáticos.

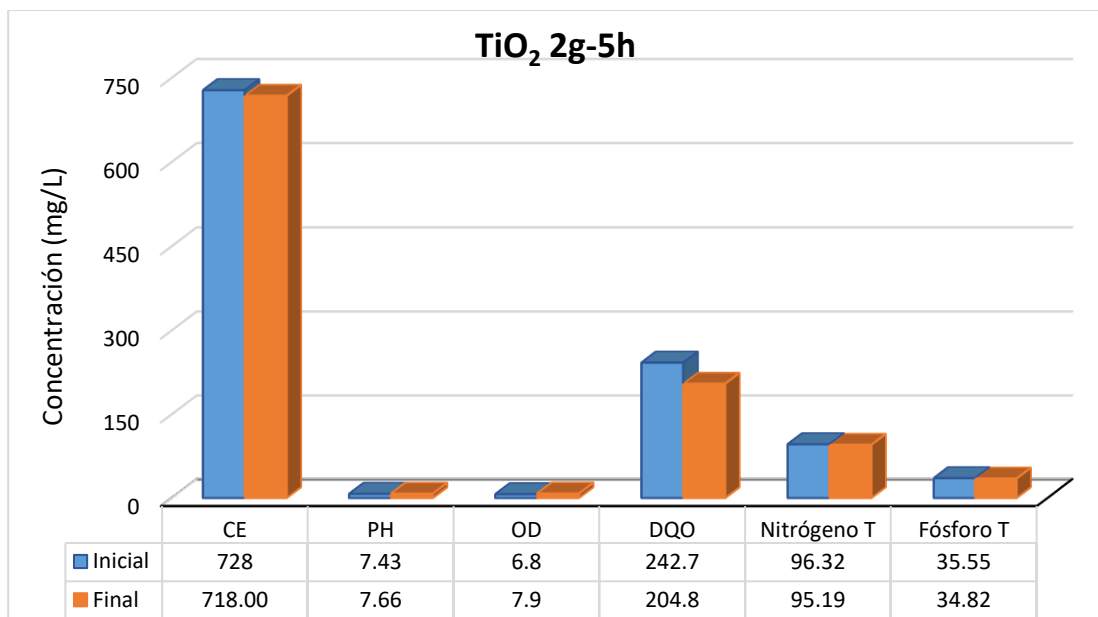


Figura 6: Tratamiento por fotocátalisis con 2g de TiO₂-5h

En la figura 6; se muestran los resultados alcanzados mediante el tratamiento de fotocátalisis en un tiempo de contacto de 5 horas empleando una dosis de 2 g/L de TiO₂. Se evidencia la mayor reducción en DQO y CE sin embargo el OD y el pH aumenta, además se muestra una ligera reducción de 1.13 mg/L de nitrógeno total y 0.73 mg/L fósforo total durante el tratamiento.

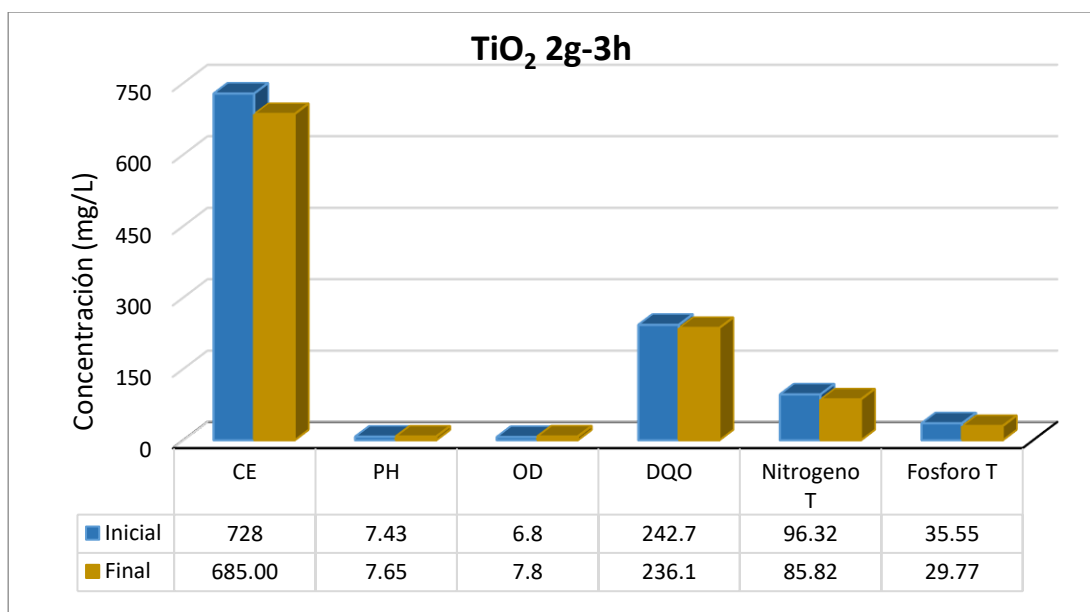


Figura 7: Tratamiento por fotocátalisis con 2g de TiO₂-3h

En la figura 7, se observa el tratamiento del agua en el fotorreactor utilizando 2 g/L de TiO_2 por un tiempo de contacto de 3 horas logrando una reducción de 5.78 mg/L fósforo total, 10.5 mg/L de nitrógeno total, 6.6 mg/L de DQO y 43 $\mu\text{S/cm}$ CE. Por último, se evidencia la mejora de la calidad del agua debido al aumento del oxígeno disuelto.

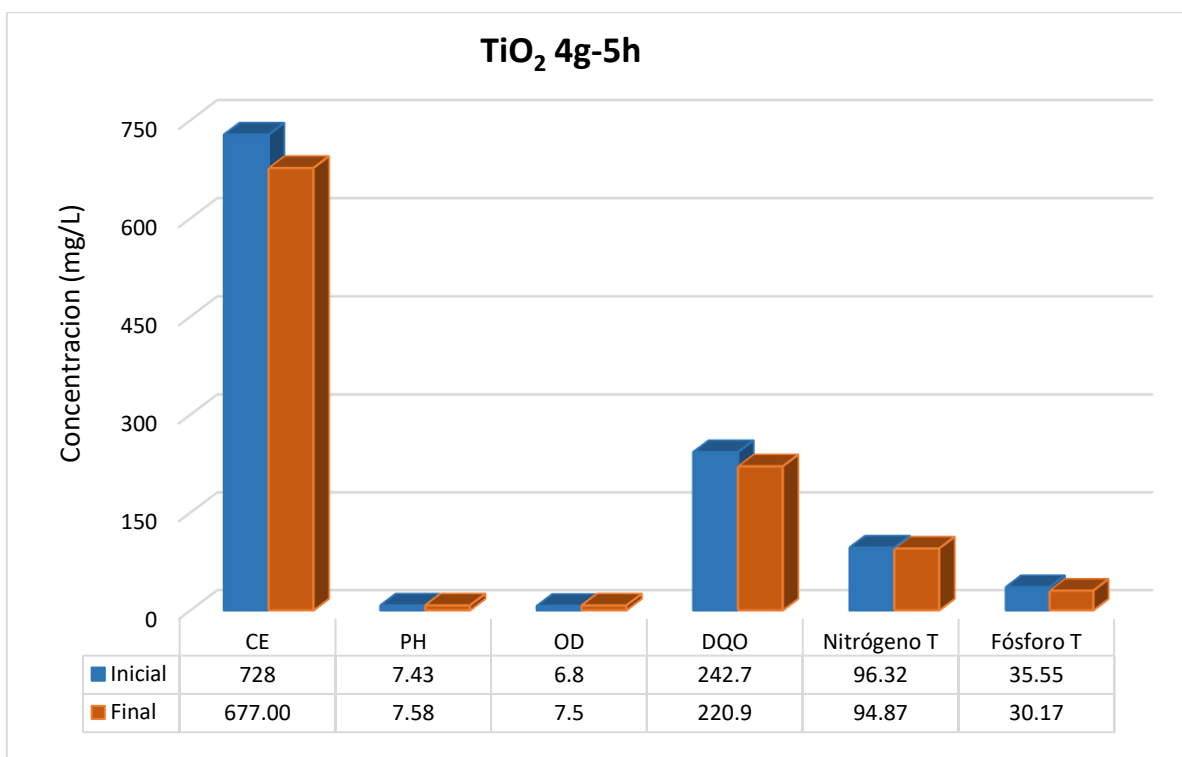


Figura 8: Tratamiento por fotocatalisis con 4g de TiO_2 -5h

En la figura 8, se observa los resultados finales del agua empleando la dosis de TiO_2 de 4g/L por un tiempo de contacto de 5 horas, con respecto al comportamiento de los contaminantes se redujo a un 5.38 mg/L de fósforo, 1.45 mg/L de nitrógeno, 21.8 mg/L de DQO y CE de 51 $\mu\text{S/cm}$.

Tabla 6: Características fisicoquímicas del agua después del tratamiento por biofiltro

Resultado del tratamiento por biofiltro													
Tratamientos	Tiempo de retención (h)	CE (μS/cm)		PH		OD (ppm)		DQO (mg/L)		Nitrógeno T (mg/L)		Fósforo T (mg/L)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	1	677	915	7.58	6.85	7.5	2.5	220.9	370.1	94.87	104.98	30.17	36.04
2	2	718	899	7.66	6.84	7.9	1.6	204.8	355.0	95.19	106.31	34.82	34.89

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se observa los datos obtenidos a partir del tratamiento en el biofiltro a base de (*Ochroma pyramidale*), se pusieron en práctica 2 ensayos, con un tiempo de retención hidráulica de 1 y 2 horas, donde se aprecia que los parámetros CE, DQO, nitrógeno total y fosforo aumentan significativamente, al contrario, el pH y oxígeno disuelto disminuyen afectando la calidad del agua.

Tabla 7: Ingredientes activos de los agroquímicos en las aguas de la laguna Pacucha

Ingredientes activos de los agroquímicos					
parámetros	unidad	resultados	parámetros	unidad	resultados
cloruro	mg/L	5.685	Demeton	mg/L	<0.003
4,4-DDD	mg/L	<0.000002	Diazinon	mg/L	<0.0015
4,4-DDE	mg/L	<0.000002	Diclofention	mg/L	<0.0015
Aldrin	mg/L	<0.000002	Diclorvos	mg/L	<0.0015
Aldrin+Dieldrin	mg/L	<0.000002	Dicrotofos	mg/L	<0.003
Alfa BHC	mg/L	<0.000002	Dioxation	mg/L	<0.0075
Alfa Clordano	mg/L	<0.000002	Disulfoton	mg/L	<0.0015
Beta BHC	mg/L	<0.000002	Endosulfan II	mg/L	<0.0015
Clordano (Total de Isómeros)	mg/L	<0.000002	EPN	mg/L	<0.0075
Delta BHC	mg/L	<0.0000002	Etoprop	mg/L	<0.003
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	<0.0000008	Famfur	mg/L	<0.0045
Dieldrin	mg/L	<0.00000018	Fenitrotion	mg/L	<0.0015
Endosulfan	mg/L	<0.000002	Fentión	mg/L	<0.0015
Endosulfan Sulfato	mg/L	<0.000002	Fonofos	mg/L	<0.0015
Endrin	mg/L	<0.0000020	Forate	mg/L	<0.0015

Endrin Aldehido	mg/L	<0.000002	Fosmet	mg/L	<0.0015
Endrin Cetona	mg/L	<0.000002	Fospamidon	mg/L	<0.0045
Gamma Clordano	mg/L	<0.000002	Hexametilfosforamida	mg/L	<0.003
Heptacloro	mg/L	<0.000002	Leptofos	mg/L	<0.0015
Heptacloro epóxido	mg/L	<0.000002	Merfos	mg/L	<0.0015
Heptacloro+Heptacloro Epoxido	mg/L	<0.000002	Metil Paration	mg/L	<0.0015
Lindano	mg/L	<0.000002	Mevinfos	mg/L	<0.003
Malation	mg/L	<0.000002	Mirex	mg/L	<0.0015
Metamidofos	mg/L	<0.000002	Monocrotofos	mg/L	<0.003
Metoxicloro	mg/L	<0.000002	Naled	mg/L	<0.003
Paratión	mg/L	<0.000002	Oxiclordano Isómero	mg/L	<0.0015
Aspon	mg/L	<0.0015	Ronnel	mg/L	<0.0015
Azinfos Etil	mg/L	<0.0075	Sulfotep	mg/L	<0.0015
Bolstar	mg/L	<0.0015	TEPP	mg/L	<0.006
Bromofos Etil	mg/L	<0.0015	Terbufos	mg/L	<0.0015
Bromofos Metil	mg/L	<0.0015	Tionazin	mg/L	<0.003
Carbofenotión	mg/L	<0.0015	TOCP	mg/L	<0.0075
Clorfenvinfos	mg/L	<0.003	Tokution	mg/L	<0.0015
Clorpirifos Metil	mg/L	<0.0015	Tricloranato	mg/L	<0.0015
Crotoxifos	mg/L	<0.003	Fósforo total	mg/L	35.55
Nitrógeno total	mg/L	96.32			

La tabla 7, muestra los resultados de los análisis del agua, donde se aprecia los ingredientes activos de los agroquímicos, 70 pertenecen a los organoclorados, organofosforados, estos parámetros se encuentran dentro los límites permitidos por los ECA del agua categoría 4 (conservación de ambiente acuático), sin embargo, fósforo total y nitrógeno total se encuentran fuera de los ECA del agua establecido por el D. S. N° 004-2017 MINAM.

Tiempo de contacto para la remoción de agroquímicos del agua por fotocátalisis y biofiltro

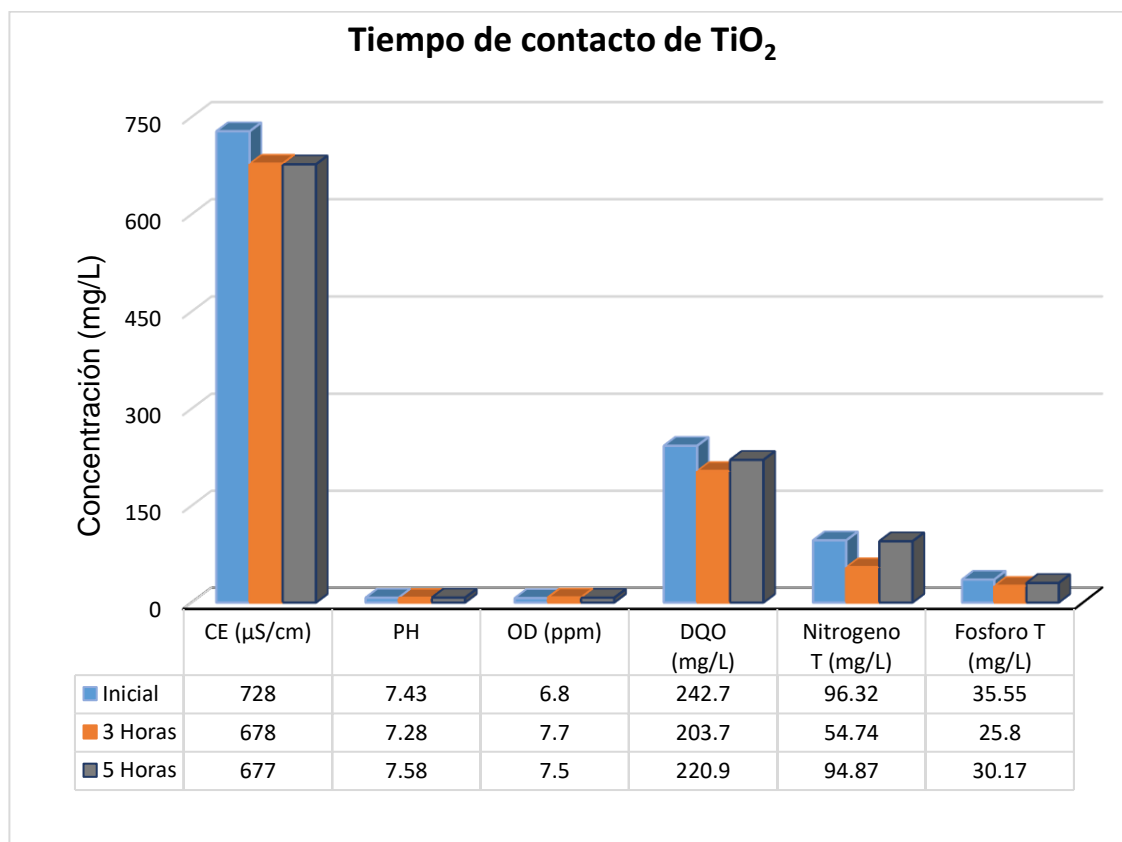


Figura 9: Tiempo de contacto de TiO₂ en la remoción de agroquímicos

En la figura 9, se observan los tiempos de 3 y 5 horas en remoción de agroquímicos mediante el tratamiento de fotocátalisis, donde se evidencia que la mayor reducción de nitrógeno, fósforo, DQO y OD se obtuvo en un tiempo de contacto de 3 horas, en cuanto a la reducción de conductividad eléctrica y el pH se logró en el tiempo de 5 horas.

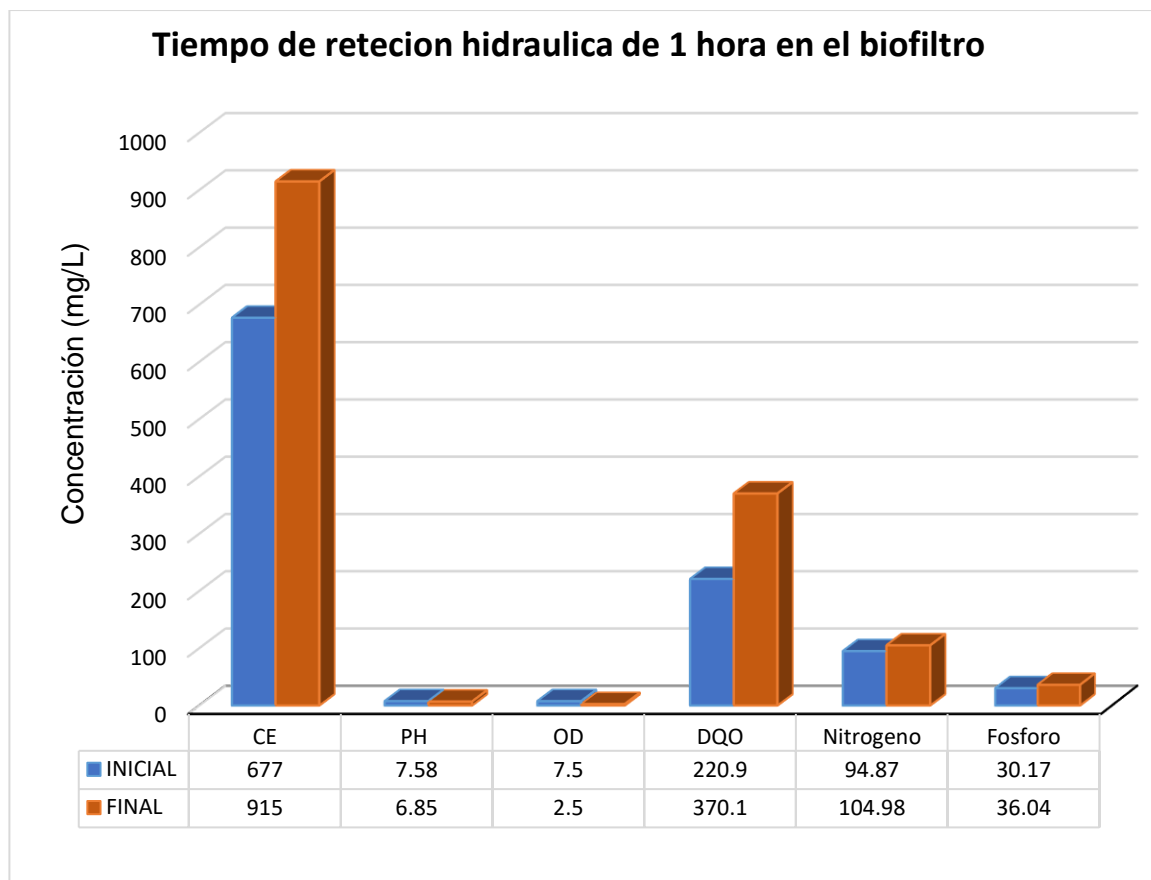


Figura 10: Tiempo de retención hidráulica de 1 hora para la remoción de agroquímicos en el biofiltro

En la figura 10, se indica la variación de los parámetros al emplear el biofiltro de balsa (*Ochroma pyramidale*) en un tiempo de 1 hora de retención hidráulica, donde las concentraciones de DQO, Nitrógeno total y fósforo total aumentan al término del tratamiento en el biofiltro. Además, el oxígeno disuelto disminuye considerablemente de 7.58 ppm a 2.5 ppm superando los ECA del agua.

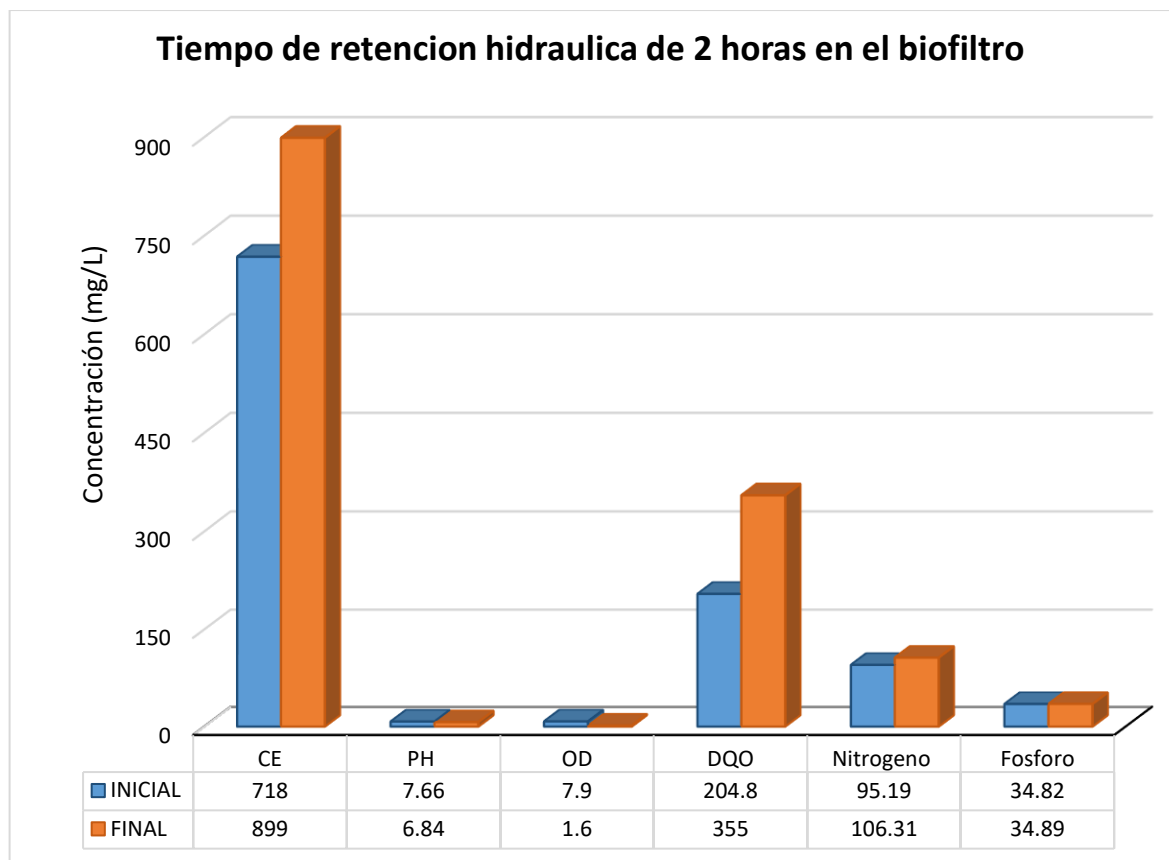


Figura 11: Tiempo de retención hidráulica de 2 horas para la remoción de agroquímicos en el biofiltro

En la figura 11, se presentan los resultados alcanzados a partir del tratamiento en el biofiltro a base de (*Ochroma Pyramidale*) durante un tiempo de retención hidráulica de 2 horas, donde se aprecia que los parámetros, Nitrógeno total, Fósforo Total y DQO han aumentado notablemente mientras que el pH ha disminuido de 7.66 a 6.84 y el OD se redujo significativamente de 7.9 a 1.6 sobrepasando los ECAs del agua.

Dosis ideal de TiO_2 en remoción de agroquímicos

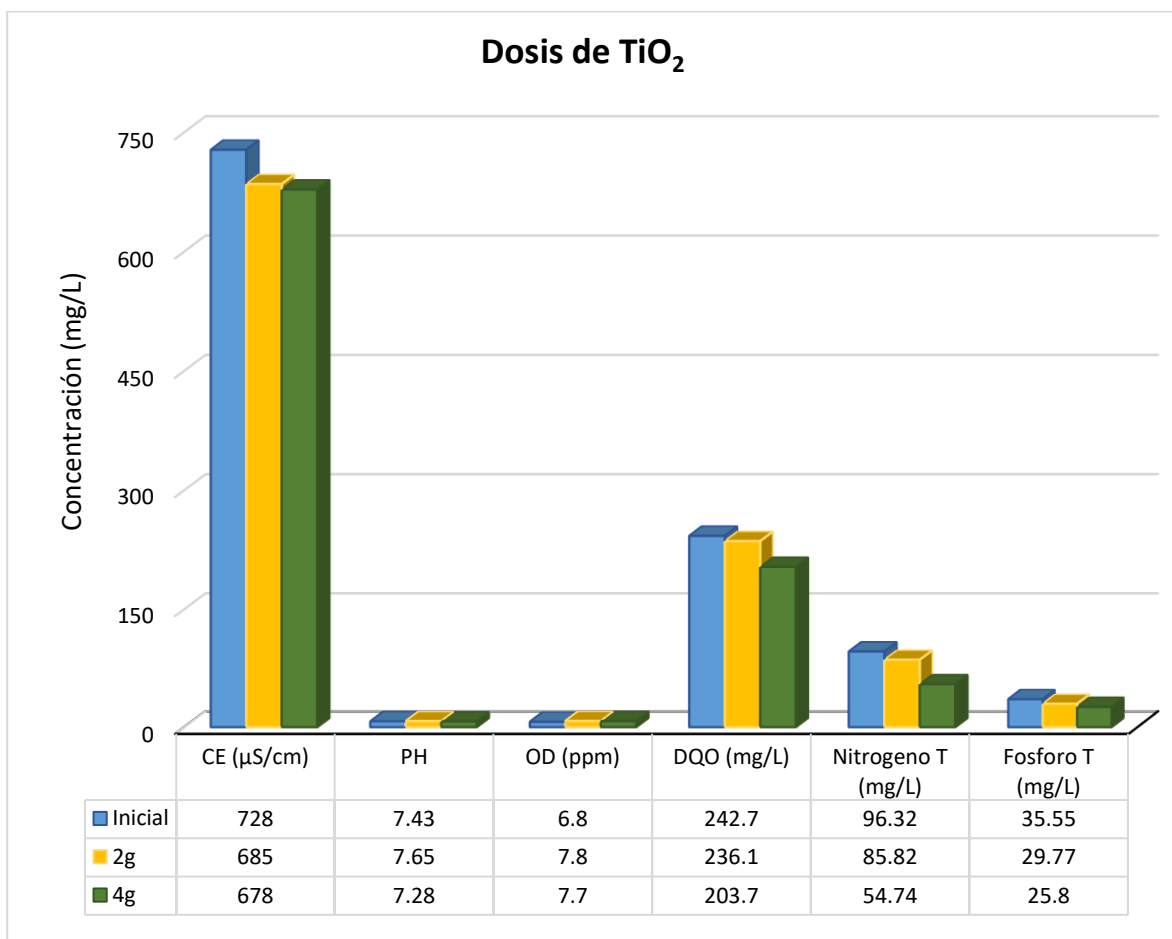


Figura 12: Dosis de TiO_2 en remoción de agroquímicos

En la figura 12, se aprecia las dosis de 2 y 4 g/L de TiO_2 , empleadas en los tratamientos del agua contaminada. Siendo la dosis de 4 g/L de TiO_2 , por un tiempo de contacto de 3 horas en el que se consiguió la mayor remoción de los parámetros de fósforo total de 35.55 a 25.8 y nitrógeno total de 96.32 a 54.74, por el contrario, La dosis con la que se alcanzó la menor reducción de agentes contaminantes en el agua fue de 2 g/L de TiO_2 , en un tiempo de 5 horas.

Eficiencia de fotocátalisis y biofiltro en remoción de agroquímicos

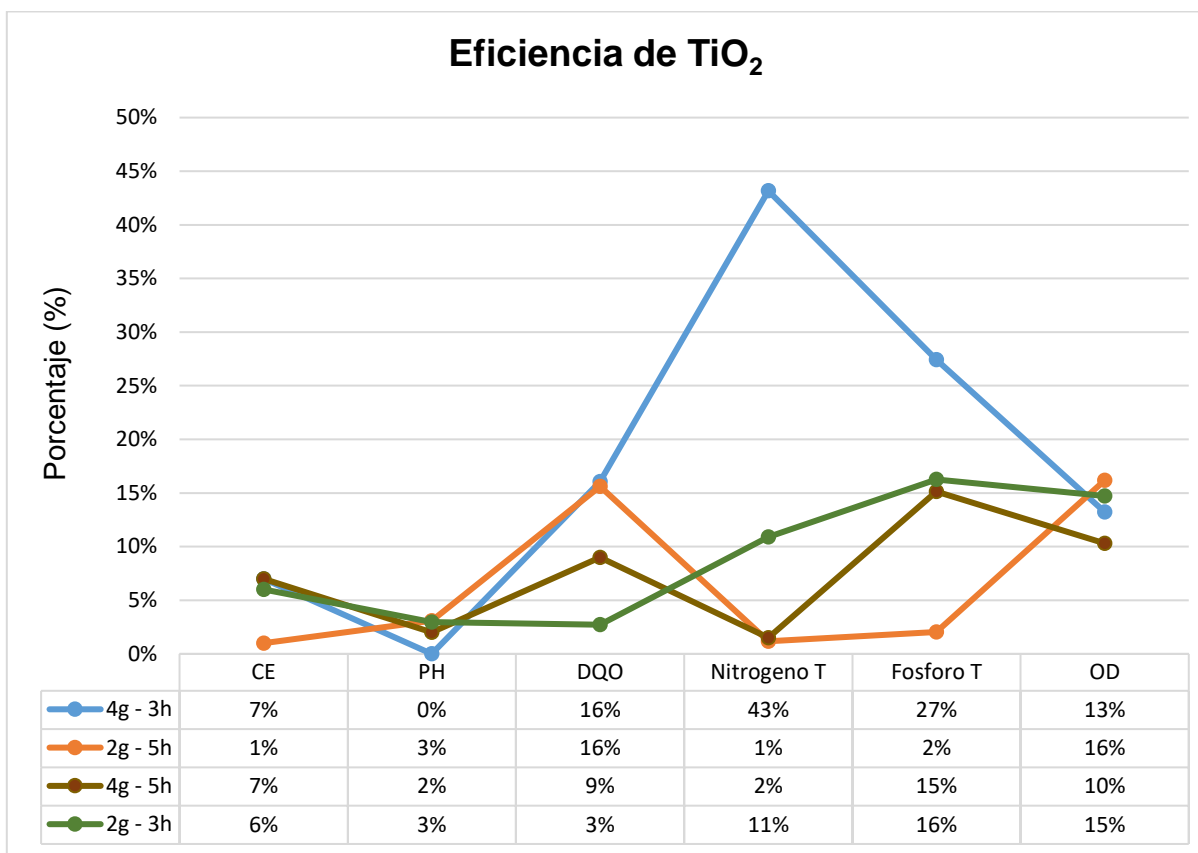


Figura 13: Eficiencia de TiO_2 en remoción de agroquímicos.

En la figura 13, se aprecia los 4 tratamientos realizados en el fotorreactor donde se evidencia la eficiencia de TiO_2 en la remoción de agroquímicos del agua. Según los datos obtenidos la mejor eficiencia se obtuvo durante un tiempo de 3 horas, utilizando una dosis de 4 g/L de TiO_2 , logrando un 43% de reducción en nitrógeno total, el 27% en fósforo total, DQO 16 % y OD de un 13%. La menor reducción se obtuvo en el segundo tratamiento empleando una dosis de 2 g/L por un tiempo de 5 horas donde se consiguió la reducción de 1% en nitrógeno total 2 % en fósforo total, en cuanto a la QDO se mantuvo igual ya que se consiguió un 16%.

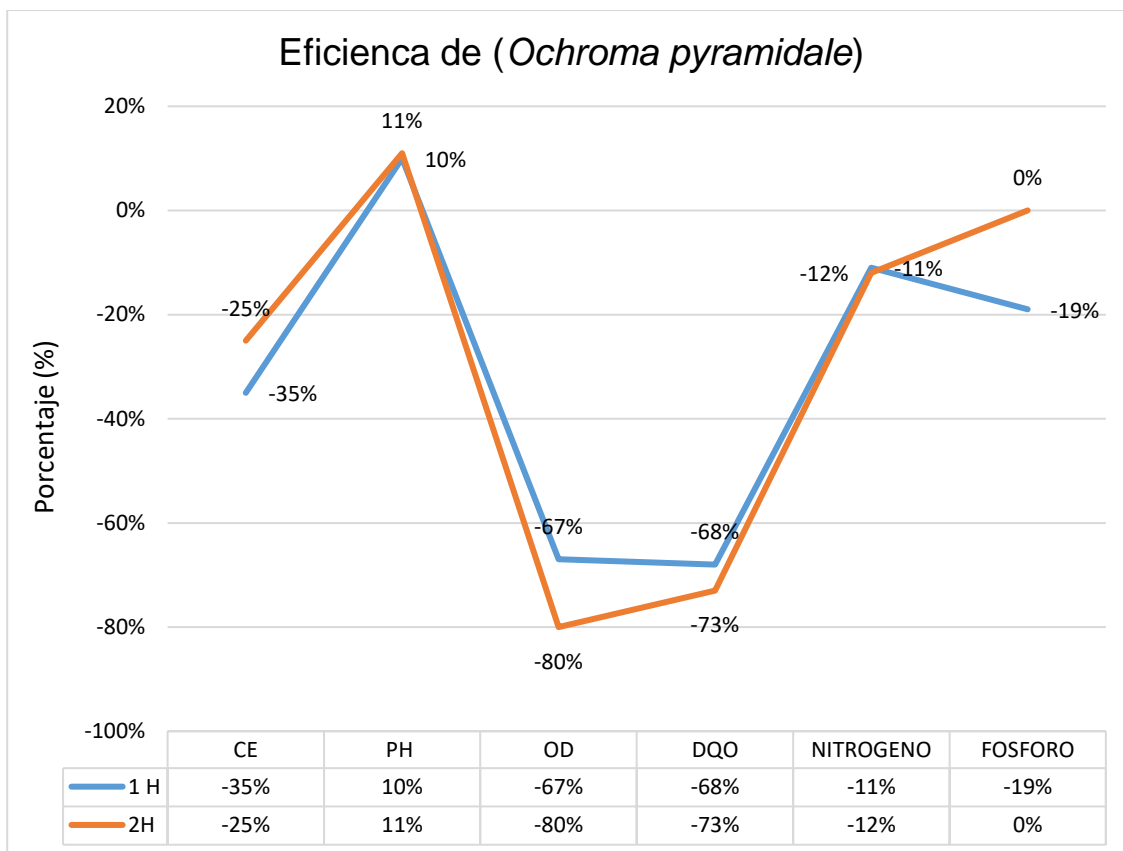


Figura 14: Eficiencia del aserrín de balsa (*Ochroma Pyramidale*) en remoción de agroquímicos

En la figura 14, se observa la eficiencia del biofiltro a base de aserrín de balsa en dos tiempos de retención de 1 y 2 horas, donde se aprecia la ineficacia debido a que los datos son negativos.

V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la investigación con respecto a la eficiencia de TiO_2 en la remoción de agroquímicos en las aguas de la laguna Pacucha, la mayor eficiencia en reducción de contaminantes se consiguió en un tiempo de contacto de 3 horas empleando una dosis de 4g/L de TiO_2 , obteniendo un porcentaje de efectividad de 43 % en nitrógeno total, 27% fósforo total, 16% DQO, 16% OD y un 3% en el pH, En ese sentido la eficiencia del tratamiento por fotocátalisis utilizando como semiconductor el dióxido de titanio con las dosis empleadas se podría decir que es baja, debido a que el fósforo total y nitrógeno total aún se encuentran fuera de los de los estándares de calidad ambiental de agua, categoría 4 (conservación del ambiente acuático). Según el D.S. N° 004-2017 MINAM. Sin embargo, el OD aumento siendo un indicador favorable ya que a mayor OD mejor es la calidad del ambiente acuático. Estos resultados guardan relación con lo que menciona Manrique, et al (2017) donde realizó el tratamiento de aguas contaminada con tintes, donde afirma que la mayor eficiencia de TiO_2 en la degradación de DQO y color fue 30 y 50% en un tiempo de 6 horas, por otro lado, Huanca (2019) es similar con la investigación, donde afirma la eficiencia logrado fue 62.75% en un tiempo de 4 horas teniendo dificultades con el clima por presentarse nubosidad.

De los resultados de la investigación y de los dos autores mencionados se puede afirmar que la eficiencia en cada tratamiento es variable debido a que en esta investigación se obtuvo 43%, 23%, 16% de eficiencia, Manrique obtuvo 30% y 50 % y Huanca consiguió un 62.2% de eficiencia. Siendo un factor clave en el tratamiento por fotocátalisis la presencia de energía solar por los rayos UV ya que estos tienen influencia directa con el semiconductor (TiO_2) para generar la aceleración en la degradación de contaminantes.

En relación con los resultados del biofiltro de aserrín de balsa (*Ochroma pyramidale*), realizado en dos tiempos de retención de 1 y 2 horas, no tuvo eficiencia en la remoción de agroquímicos en ninguno de los dos tiempos, por el contrario, los resultados finales aumentaron de los resultados iniciales sobrepasando los estándares de calidad ambiental del agua establecido por el D.S. N° 004-2017-MINAM, los resultados están relacionados con lo que expresa Torres (2014) en su investigación realizada de la

industria agropecuaria, donde afirma que la balsa (*Ochroma Pyramidale*) no es eficiente en remoción de contaminantes solo tubo eficiencia de 13% en COT y color, sin embargo en DQO, DBO, OD no presentó eficiencia.

De los resultados de la investigación y del autor mencionado, se puede decir que la balsa no absorbe las contaminantes probablemente por alto contenido de nutrientes N, P, K, por ende, las concentraciones de fósforo y nitrógeno de las muestras aumenta al estar en contacto con el aserrín de *Ochroma Pyramidale*, así mismo la DQO aumento considerablemente en los 2 tiempos de retención, esto se debe a la disminución de oxígeno disuelto. Como afirma León (2015), que la DQO mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica y transformarla en CO₂ y H₂O en la muestra al disminuir el oxígeno disuelto aumenta la DQO.

Los ingredientes activos de los agroquímicos del agua de la laguna Pacucha se determinaron mediante el análisis en el laboratorio de SMART LAB de los cuales 70 pertenecen a los organoclorados y organofosforados entre los principales tenemos Aldrin, clordano, clorpirifos metil, endrin, heptacloro, lindano, malation, paration, endosulfan, diazinon, disulfoton, metil paration, oxiclordano isómero, tionazin. Finalmente, estos contaminantes se encuentran dentro de estándares de calidad ambiental del agua categoría 4. (Conservación del ambiente acuático). Establecido mediante D.S. N° 004-2017 MINAM.

Sin embargo, los parámetros de fósforo y nitrógeno superan los límites de los ECA del agua. Probablemente a que los agroquímicos que se usan con mayor frecuencia en los campos de cultivo son en base a los macroelementos primarios de N, P, K. Las altas concentraciones de N y P van a generar impactos negativos a los sistemas acuáticos como menciona Silva, Cobelas y Gonzales (2017). Donde señala que el exceso de concentraciones de fósforo en los sistemas acuáticos va a generar el crecimiento de algas estas se caracterizan por consumir grandes cantidades de oxígeno afectando el equilibrio de los sistemas acuáticos.

En cuanto a los resultados de tiempo de 3 y 5 horas en la remoción de agroquímicos, el periodo optimo fue de 3 horas, porque se obtuvo la mayor reducción de

contaminantes en los parámetros de nitrógeno total, oxígeno total y DQO, sin embargo, el OD aumento siendo este un factor clave en el equilibrio y conservación de los sistemas acuáticos, por otro lado, Najarro (2018), manifiesta que el tiempo ideal de degradación de contaminantes es de 4 horas en el tratamiento de aguas residuales. Asimismo Muñoz y Palomino (2019), manifiesta que el tiempo óptimo de contacto fue de 4 horas utilizando como dosis 1.52 mL de TiO_2 logrando una reducción de un 86.75 % DQO, sin embargo no se concuerda con Muñoz y Palomino donde expresa que a mayor tiempo de contacto mayor es la reducción de contaminantes, porque en la investigación se realizó el tratamiento de 5 horas y no se consiguió la mayor remoción probablemente porque la radiación fue baja y moderada durante el tratamiento, el factor climático es fundamental para la reducción de contaminantes a mayor incidencia de rayos UV mayor es la remoción de contaminantes.

A partir de los resultados finales de la investigación durante el tratamiento en el fotorreactor se ha podido determinar que con la dosis empleada de 4g/L de TiO_2 se consiguió la mayor remoción de contaminantes de 43% en nitrógeno, 27% de fósforo y 16% en DQO. Por otro lado, Machaca y Yana (2017) señala que la dosis de 0.5 g/L de TiO_2 empleando el agente oxidante de H_2O_2 más sulfato ferroso (FeSO_4) se obtuvo una eficiencia 85.28% en la remoción de cianuro. Así mismo Tolentino (2017) afirma que la dosis de 0.5 y 1 g/L TiO_2 es apta para la remoción de nitrógeno amoniacal, SST y DQO de los efluentes residuales de lavandería del INSN logrando una reducción de un 34.21% en DQO. Los autores mencionados utilizaron menor dosis y emplearon un agente oxidante adicional para hacer más eficiente el tratamiento además utilizaron luz artificial. Sin embargo, de acuerdo a la investigación a mayor dosis mejor la reducción de contaminantes.

Al inicio del tratamiento el agua tenía las siguientes características: color verdoso, mal olor y espuma y los parámetros de nitrógeno, fósforo y DQO eran elevados. Para el tratamiento por medio de la fotocatalisis el factor climático es importante por la radiación solar, para generar la reacción del TiO_2 y de esta manera degradar los contaminantes, sin embargo, los días en que se llevó la ejecución del tratamiento se

tubo días nublados con baja influencia de rayos solares alcanzando una temperatura de tan solo 32 °C durante el tratamiento del agua. En comparación con el autor Najarro (2018) donde la temperatura del agua durante el tratamiento alcanzaba hasta 37°C. Así mismo Román (2014) señala para que haya una mayor eficiencia en la reducción de contaminantes es importante que la radiación sea elevada ya que esta determina la capacidad para degradar y transformar los contaminantes en el proceso de fotocátalisis.

Al finalizar el tratamiento por fotocátalisis las características fueron: color natural del agua, sin presencia de olor, asimismo se logró la reducción en los parámetros químicos de nitrógeno, fosforo y DQO. Por el contrario, en el tratamiento en el biofiltro las características finales fueron: color oscuro, olor a madera en cuanto a las características químicas de nitrógeno y fosforo se incrementaron posiblemente a la composición química de balsa.

VI. CONCLUSIONES

La eficiencia para la remoción de agroquímicos mediante fotocátalisis fue de 43% de nitrógeno, 25% de fosforo y 16 % de DQO, en un tiempo de contacto de 3 horas con una dosis de 4g/L de TiO_2 . Sin embargo, en el tratamiento de biofiltro utilizando aserrín de balsa (*Ochroma pyramidale*) durante el tiempo de retención hidráulica de 1 y 2 horas no hubo eficiencia en la remoción de agroquímicos.

Los principales ingredientes activos de los agroquímicos presentes en el agua de la laguna Pacucha son: Aldrin, clordano, clorfirifos metil, endrin, heptacloro, lindano, malation, paration, endusulfan, diazinon, disulfoton, metil paration, oxiclordano isómero, tionazin. Finalmente, los resultados se encuentran dentro de ECA del agua categoría 4. D. S. N° 004-2017 MINAM.

Las características fisicoquímicas del agua al término del tratamiento por fotocátalisis Fueron CE. $677\mu\text{S/cm}$, pH 7.66, OD 7.9 ppm, DQO 203.7 mg/L Nitrógeno total 54.74, mg/L fósforo total 25.8 mg/L y del biofiltro CE $899\mu\text{S/cm}$, pH 6.85, OD 2.5 ppm, DQO 355.0 mg/L, Nitrógeno total 104.98 mg/L, fósforo total 34.89 mg/L.

El tiempo óptimo para la remoción de agroquímicos por medio de fotocátalisis es de 3 horas. En el tratamiento del biofiltro en los tiempos de 1 y 2 horas no hubo remoción de agroquímicos.

La dosis ideal mediante el tratamiento por fotocátalisis fue de 4 g/L de TiO_2 para la remoción de agroquímicos.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar el tratamiento de fotocátalisis en días despejados con sol, sin nubosidad porque esta afecta la eficiencia durante el tratamiento.

Tener en cuenta el índice de radiación UV que emite el SENAMHI. Para evaluar y ejecutar si se procede a realizar el tratamiento en la fecha establecida.

Emplear tubos pírex por su tiempo de vida útil, además porque tienen mayor incidencia de los rayos UV. Facilitando la degradación de los contaminantes.

Aumentar la dosis de TiO_2 para reducir los contaminantes de nitrógeno y fosforo por medio de fotocátalisis.

Utilizar otros semiconductores para hacer la comparación de la eficiencia en reducción de contaminantes.

Se sugiere no utilizar un biofiltro de balsa para remover contaminantes de agroquímicos.

BIBLIOGRAFÍA

- AVALOS, Carlos. El polémico uso de agroquímicos. *Generación*, 134. 2009. Disponible en: <http://www.generacion.com/secciones/biodiversidad/pdfs/Generacion-Edicion-134-biodiversidad-876.pdf>
- ARRIAGA, Teddy. Tratamiento de pesticidas mediante un Sistema acoplado de fotocátalisis solar y humedad sub superficial. tesis (Maestría en ingeniería sanitaria y ambiental), Universidad del Valle Santiago de Cali. 2012. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7629/7720-0445970.pdf?sequence=1>
- ANDINA. (Agencia peruana de noticias). Pobladores y autoridades piden declarar zona intangible a laguna de Pacucha. 20 de octubre 2011. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-pobladores-y-autoridades-piden-declarar-zona-intangible-a-laguna-pacucha-382992.aspx>
- ANA. (Autoridad nacional del agua). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, resolución jefatural n° 010-2016- ANA. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- BES, Sarai. SILVA, Adrián y BENGGOA, Christophe. Manual técnico sobre procesos de oxidación avanzada aplicados al tratamiento de aguas residuales industriales. Ciencia y tecnología para desarrollo, 2020. ISBN: 978-84-09-08637-5. Disponible en: http://www.cytod.org/sites/default/files/manual_sobre_oxidaciones_avanzadas_0.pdf

- CASAS, Raquel y CENTENO, Ana. Poda e injerto de frutales. Ediciones Mundi – Prensa. España, 2017. ISBN: 978-84-8476-719-0. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=6vQHDgAAQBAJ&pg=PA179&dq=fitorreguladores++funcion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi79t6wi9TxAhW6qpUCHV9AAQgQ6AEwAXoECAUQAg#v=onepage&q=fitorreguladores%20%20funcion&f=true>
- CASTILLO, Bessy et al. Contamination by agricultural pesticides in crop fields in Cañete. Perú. Espacios, 2020, 41(10), 11. ISSN: 07981015. Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a20v41n10/a20v41n10p11.pdf>
- CARVALHO, F et al. pesticide tracking in the tropics. OEIA Bulletin, Mónaco, France, 1998. Available at: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull40-3/40305692430.pdf>
- CHÁVEZ, Julio. Eficiencia de un biofiltro en la reducción de carga orgánica de un efluente industrial en la ciudad de Celendín, Perú. tesis (pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca), 2017. Disponible en: <https://bit.ly/3q8yOAw>
- CHITWOOD, David. Nematicides. New York. EE. UU, 2003. Available in: <https://naldc.nal.usda.gov/download/43874/PDF>
- ESCUADERO, José. Regeneración de aguas contaminadas por plaguicidas (sustancias prioritarias y preferentes), con elevado potencial de lixiviación, mediante fotocátalisis solar homogénea. Tesis (Doctorado, Universidad de Murcia), 2015. Disponible en: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/45819>
- FAO. (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). Los contaminantes: Una grave amenaza para el agua del planeta, 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/1141818/icode/>
- FARALDOS, M. Nanomaterial photocatalysis to combat pollution and obtain energy. Spain coal group, 2016. Available in:

[file:///C:/Users/WINDOWS%2010/Downloads/Dialnet-Fotocatalisis-6164946%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/WINDOWS%2010/Downloads/Dialnet-Fotocatalisis-6164946%20(4).pdf)

FERNÁNDEZ, Milagros et al. Aplicación de plaguicidas nivel cualificado. Sevilla, España, 2013. 320 PP, ISBN: 788-84-8474-296-8. Disponible en: <https://bit.ly/36ev1cV>

FIGUEROA, Johana. Biofiltros con *Furcraea andina* y *Eucalyptus globulus* para mejorar la calidad del efluente de la piscigranja de Acopalca - Ancash – 2018. Tesis (título profesional de ingeniería ambiental), Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18369/Figueroa_JJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FORERO, Jorge, ORTIZ, Olga y RÍOS, Fabián. Aplicación de procesos de oxidación avanzada como tratamiento de fenol en aguas residuales industriales de refinería. *Ciencia tecnología y futura*, Colombia, 2005. 3 (1). Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v3n1/v3n1a08.pdf>

GARCÉS, Luis, MEJÍA, Edwin y SANTAMARÍA, Jorge. La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales., *Lasallista de investigación*, Colombia. 2004, vol. 1 n° 1, pp. 83-92. ISSN:1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69511013.pdf>

GONZÁLEZ, Betty et al. Caracterización de cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la provincia de los ríos-Ecuador. *Ciencias y tecnología*, 2010. 3 (2) 7-11. Disponible en: https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C1_2n22010.pdf

HERMOSÍN, Carmen et al. Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía, España, 2008. pp.87 ISBN: SE-0000-2008. Disponible en: http://www.besana.es/sites/default/files/sostenibilidad_agraria_0.pdf#page=88

- HERNÁNDEZ, Roberto et al. Metodología de la investigación. 5ta edición, México, 2010. ISBN: 878-607-15-0291-9. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- HUANCA, Yaneth. Tratamiento de aguas residuales de la universidad Nacional del Centro del Perú por fotocátalisis heterogénea. Tesis (Maestría en ingeniería ambiental). Junín: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. Disponible en: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5197/T%20010_41662828_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- HONORATO, Amador et al. Main wood chemical constituents of Ceiba pentandra, Hevea brasiliensis and Ochroma pyramidale. En ecol the institute of ecology, 2015, vol. 21 n° 2, PP. 131-146. Available in: <https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/450/606>
- KUBITZA, Fernando. El parámetro de calidad del agua a menudo ignorado: pH. *Global Aquaculture Advocate*. Brasil, 2017. CEP: 13203-560. Disponible en: <file:///C:/Users/trabajo/Downloads/el-parametro-de-calidad-del-agua-a-menudo-ignorado-ph.pdf>
- LEÓN, Mónica. Caracterización físico-química, biológica y ecotoxicológica del agua residual de un hospital de la ciudad de Cuenca. (Maestría en toxicología industria y ambiental). Ecuador, 2015. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21222/1/TESIS.pdf>
- MACHACA, David y YANA, Pedro. Remoción de cianuros de aguas residuales mineros metalúrgicos por proceso de oxidación avanzada y fotocátalisis solar. Tesis (Título profesional de ingeniero químico). Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2017. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8803/Machaca_Machaca_David_Eloy_Yana_Hancco_Pedro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MANRIQUE, Liz. et al. Treatment of water contaminated with dyes by photocatalysis with TiO₂ using artificial and solar light, 2017, vol. 12, n° 2, pp. 50-60. Available

in:

<http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/1542/1551>

MERA, Jenny, ESPINOZA, Gloria y MURILLO, Walter. Remoción de Cr (Vi) en residuos líquidos de laboratorios de servicios analíticos por fotocátalisis heterogénea y bioadsorción. Manizales, Colombia, 2018. Vol. 13, n° 1, pp. 30-42. ISSN: 1909-0455. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552018000100030

MINAM, Decreto Supremo N° 004-2017, Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 07 de junio de 2017. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

MORENO, B. Aplicación eficiente de fitosanitarios. Morelia, México, 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2HJxx1t>

MORENO, Alberto. Actividades de riego, abonado y tratamiento en cultivos. España 2015. PP. 121, ISBN: 978-84-9732-246-7. Disponible en : https://books.google.com.pe/books?id=Osp3BwAAQBAJ&pg=PA115&dq=abonos+nitrogenados+y+fosforados&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjSsp_8s7jxAhV8rJUCHffVCk8Q6AEwAnoECAcQAq#v=onepage&q=abonos%20nitrogenados%20y%20fosforados&f=false

MURILLO, Napoleón. Tractores y maquinaria agrícola. Editorial universidad estatal a distancia. 2nd, ed. San José, Costa Rica, 1987, pp. 158-159, ISBN: 9977-64-342-3. Disponible en: <https://bit.ly/2JkvG3C>

MUÑOZ, Yurico y PALOMINO, Shirle. Influencia de la concentración del TiO₂ y tiempo de tratamiento en la degradación de las aguas residuales de camal por fotocátalisis heterogénea. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Químico Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. Disponible

en:http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5054/T010_70040659_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NAJARRO, M. Evaluación de los fotocatalizadores H₂O₂ y TiO₂ para el tratamiento de aguas residuales, chuquitanta, 2018. Tesis (Título Profesión de Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad Cesar vallejo, 2018. Disponible en: [file:///C:/Users/WINDOWS%2010/Downloads/Najarro MJL%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/WINDOWS%2010/Downloads/Najarro_MJL%20(2).pdf)

NEVÁREZ, María et al. Fotocatálisis: inicio, actualidad y perspectiva a través de TiO₂. Avances en químicas, 2017. Vol.12. n°.2-3. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/933/93357608005/html/index.html>

NIETO, Jesús. UF0409- Manipulación y ensamblaje de tuberías. Madrid, 2015.ISBN: 978-84-283-9737-7. Disponible en : <https://books.google.com.pe/books?id=c2wHCwAAQBAJ&pg=PA83&dq=importancia+de+la+temperatura+en+el+agua+en+los+ecosistemas+acu%C3%A1ticos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi4lozMktTxAhUfK7kGHROxCXIQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=importancia%20de%20la%20temperatura%20en%20el%20agua%20en%20los%20ecosistemas%20acu%C3%A1ticos&f=false>

PINTO, Jeremías, UF1503: Identificación de productos y medios empleados para el control de plagas. IC editorial, 1ªEdicion, Málaga, 2017. ISBN: 978-84-9198-409-2. Disponible en : <https://books.google.com.pe/books?id=IVIpEAAAQBAJ&pg=PT70&dq=definicion+de+fungicidas&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwibm5fQ79PxAhWkFbkGHeVXBZcQ6AEwAHoEAcQAg#v=onepage&q=definicion%20de%20fungicidas&f=true>

RAMÍREZ, José y ZEA, Hugo. Decontamination of industrial textile wastewater using photocatalysis. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2016. DYNA. Vol. 83 (196), pp. 80-85. ISSN 2346-2183. Available in: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6067269>

ROMÁN, Roberto. Reconstrucción y análisis de radiación ultravioleta eritematica en la península ibérica desde 1950. Tesis, Doctorado. Universidad Valladolid, 2014. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/4982>

ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, John. Fundamentos de limnología neotropical. Ilustrada, universidad Antioquia, Colombia, 2008. PP. 224-225. ISBN: 978-958-714-144-3. Disponible en: <https://bit.ly/3q6rIBL>

RODRÍGUEZ, Natalia, MCLAUGHLIN, Michael, PENNOCK, Daniel. La contaminación del suelo: una realidad oculta, FAO. Roma, 2019. Pp. 51-53. ISBN: 978-92-5-131639-9. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=EjumDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=definicion+de+fertilizantes&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjzvZnw49PxAhVGJrkGHTe9AlsQ6AEwBHoECAQQAq#v=onepage&q&f=true>

SANZ, Julio. Tratamiento de aguas textiles industriales mediante fotocatalisis solar y reutilización en nuevas tinturas. Tesis, Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=77156>

SARRIA, Víctor et al. New electrochemical and photochemical systems for water and wastewater treatment. Medellin, Colombia, 2005. Vol. 34. no.2, pp. 161-173. ISSN: 2357-3791. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042005000200006

SILVA, Eugercios, COBELAS, Alvares y GONZALES, Montero. Impactos del nitrógeno agrícola en los sistemas acuáticos. España 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.06>

- SUAREZ, Ángel. Contaminación ambiental del agua por el uso indebido de pesticidas agrícolas en plantaciones de banano en el Ecuador. Ecuador, 2020. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8482/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000091.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TAPIA, S. y Del RIO, J. Concentrador parabólico compuesto: una descripción opto-geométrica. México, 2009. vol. 55 n° 2, pp. 141-153. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v55n2/v55n2a2.pdf>
- TOLENTINO, Antony. Proceso de oxidación fotocatalítica mediante Dióxido de Titanio (TiO_2) y luz ultravioleta (UV) para el tratamiento del agua residual de la lavandería del Instituto Nacional de Salud del Niño, san Borja-2017. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13085/TolentinoCAJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TORRES, Guillermo. Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltro. Tesis (Doctorado en ingeniería Ambiental y Desalinización). Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España, 2014. Disponible en: https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/11899/4/0699295_00000_0000.pdf
- VELOSA, Paula, LOAIZA, Andrés y QUIÑONES, Cesar. Photocatalytic degradation of Hydrocarbons present in water, using Fe (iii) modified TiO_2 . Colombia, CT&F, 2019, vol. 9, n° 1, pp 105-109. ISSN-e 0122-5383. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7050367>
- VICENTE, Jimmy. Determination of the efficiency of sawdust and coco fiber used as Biofilter for pollutant removal for the treatment of wastewater. Miscellaneous, 2016, vol.7 n°3, pp. 41-56, ISSN: 1390-6542 / p-ISSN: 1390-9363. Disponible en: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/104>

ZAMBRANO, Cesar. Eficiencia del biofiltro a base de los residuos del cultivo de Maíz (*Zea mays*) y cacao (*teobroma cacao*) para remoción de sólidos en agua. Tesis (Título de Ingeniero en Medio Ambiente). Calceta, 2019. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1199/1/TTMA66.pdf>

ANEXOS:

Anexo 1: Fotocatálisis y Biofiltro para Remoción de Agroquímicos en Aguas de la Laguna de Pacucha- Apurímac 2021

Tabla 6: Matriz de operacionalización de variables:

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
VI: sistema de fotocátalisis-biofiltro	Los sistemas de fotocátalisis-biofiltro son métodos combinados que se usan para mejorar la eficiencia en el tratamiento de aguas contaminadas. Fotocatálisis es el aceleramiento de un fotorreactor en presencia de un catalizador con la ayuda de luz solar. El biofiltro es una técnica que emplea diferentes partes de una planta, con la finalidad de degradar o absorber contaminantes. (Vicente, 2016).	El sistema fotocátalisis-biofiltro se medirá mediante: la concentración de TiO_2 . Tiempo en la degradación. también se conocerá las características del biofiltro a base de (<i>Ochroma pyramidale</i>), y la eficiencia	Concentración de (TiO_2)	Cantidad utilizada TiO_2 4 g/L	g/L
				Cantidad utilizada TiO_2 2 g/L	g/L
			Características físicas del biofiltro de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i>)	caudal (Q) $Q = \frac{v}{t}$	v/t
				Area del biofiltro: $A_B = 2. \pi. r (H + r)$	cm 2
				Tiempo de retención hidráulica: $TRH = \frac{v_B}{Q}$	V/Q
			Eficiencia de (TiO_2) y (<i>Ochroma Pyramidale</i>)	$\% E \frac{C. Inicial - C. Final}{C. Inicial} \times 100$	(%)
			Tiempo de contacto de TiO_2 en la degradación	Tiempo de reconversión 3 a 5 horas	(h)

VD: Remoción de agroquímicos del agua	Los agroquímicos son productos químicos que se emplean en la agricultura con el fin de proteger los cultivos contra las plagas, además se emplean para controlar vectores de enfermedades, también son tóxicos para los seres humanos (Avalos, 2009)	Esta variable será medida teniendo en cuenta la concentración de contaminantes en el agua generada por el uso agroquímico en las prácticas agrícolas, además se conocerán en tiempo de contacto para remover dichos contaminantes	Características físicas	Conductividad eléctrica.	μS/cm
				Temperatura	(c°)
			Características químicas	DQO	mg/L
				pH	H ⁺
				OD	(%)
				Fósforo total	mg/L
				Nitrógeno total	

Anexo 2: ARMADO DE FOTORREACTOR Y BIOFILTRO



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.1: Armado del fotorreactor, pegado y secado de los tubos acrílicos de 1"1/2 a los codos de PVC.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.2: Amado el soporte de fotorreactor y ensamblaje de plancha de aluminio con un ángulo de inclinación de 45°



Fuente: elaboración propia

Figura 2.3: armado de tubos de entrada y salida del fotorreactor, colocación de codos de 2" con forma de cuello de ganso para evitar la fuerza de empuje de la bomba de agua.



Fuente: elaboración propia

Figura 2.4: armado del biofiltro con un tubo de 4", 60 cm de altura, tubo de ½" entrada y salida con llave de paso para regular la entra y salida de agua y un balde de 18 L.

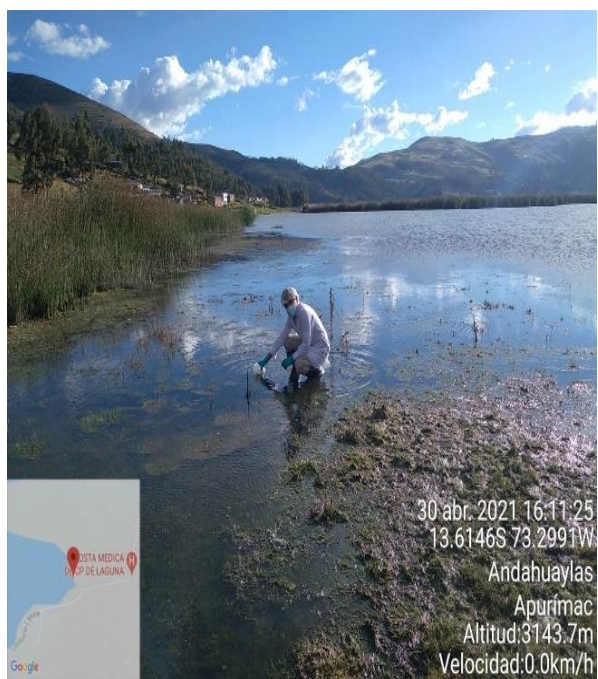


Figura 2.5: Toma de muestra de la laguna de Pacucha

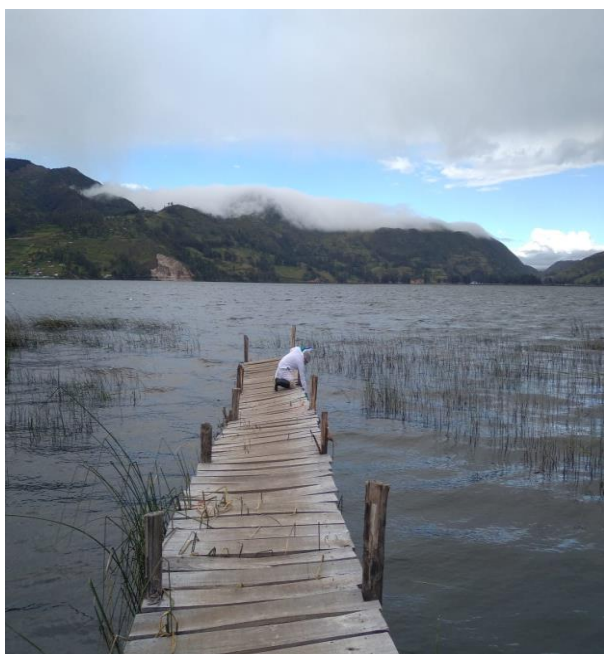


Figura 2.6: Medición de los parámetros in situ

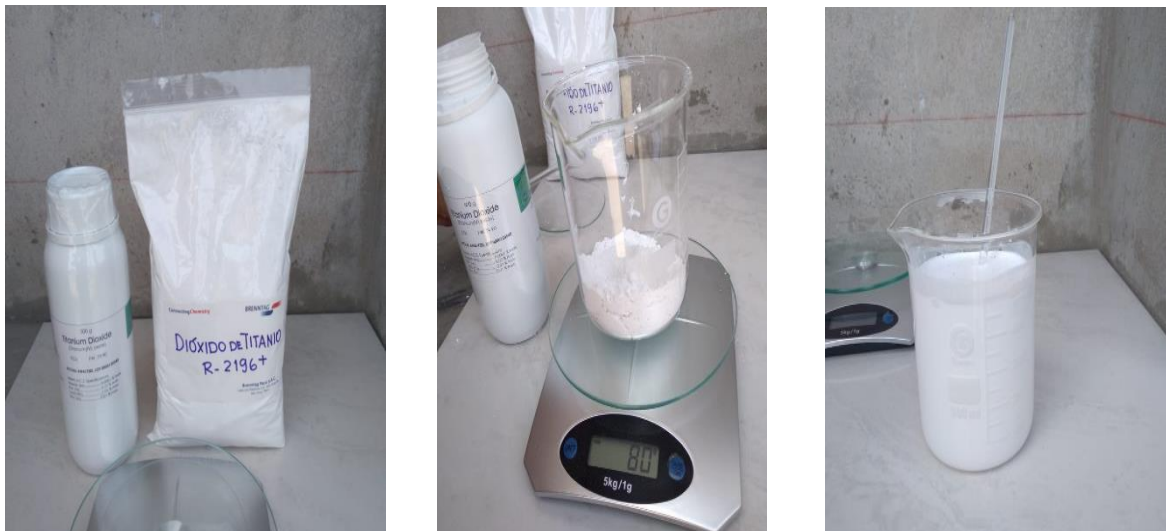


Figura 2.7: Pesado de TiO_2 80g y diluirlo con agua en vaso precipitado



Figura 2.8: agregado de los 20L de muestra del agua de laguna Pacucha.



Figura 2.9: agregado del TiO_2 y tratamiento en el fotorreactor.

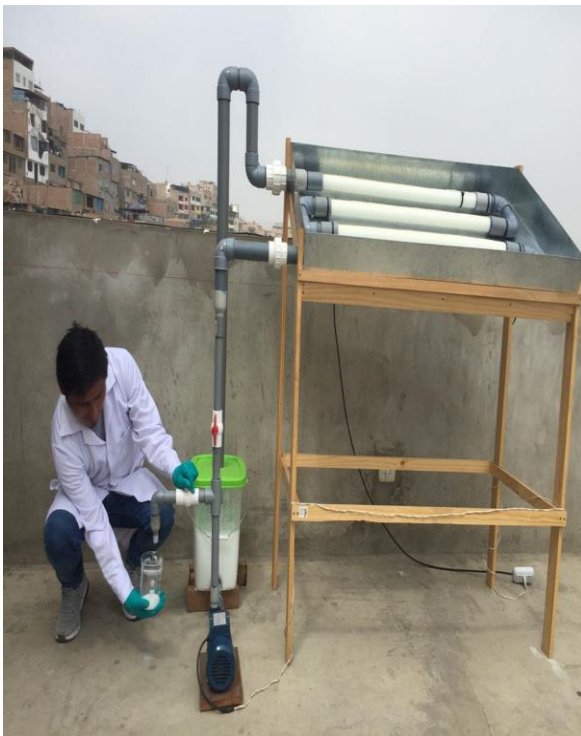


Figura 2.10: toma de muestra del fotorreactor y biofiltro

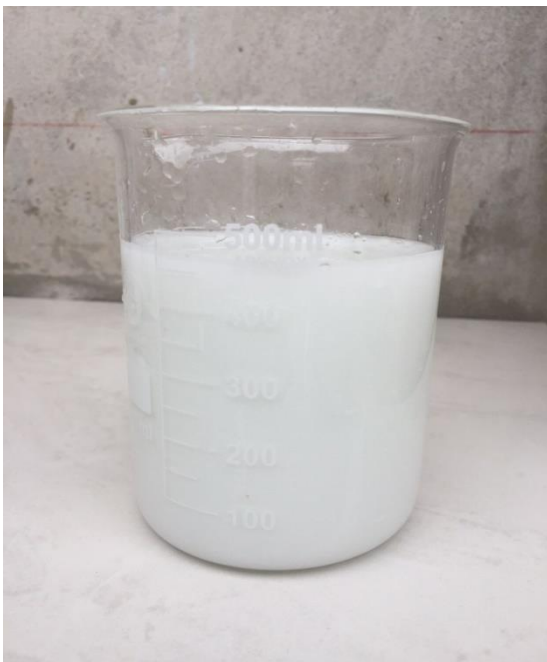


Figura 2.11: medición de pH y T° durante el tratamiento.

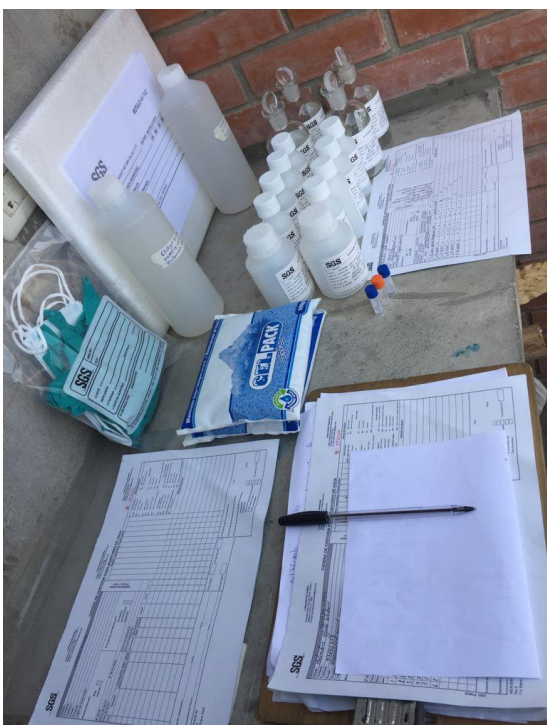


Figura 2.12: llenado de cadena de custodia y etiquetado.

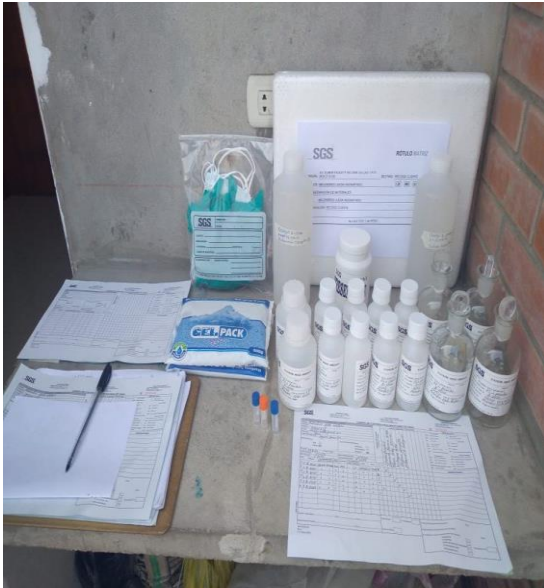


Figura 2.13: preparación de muestras

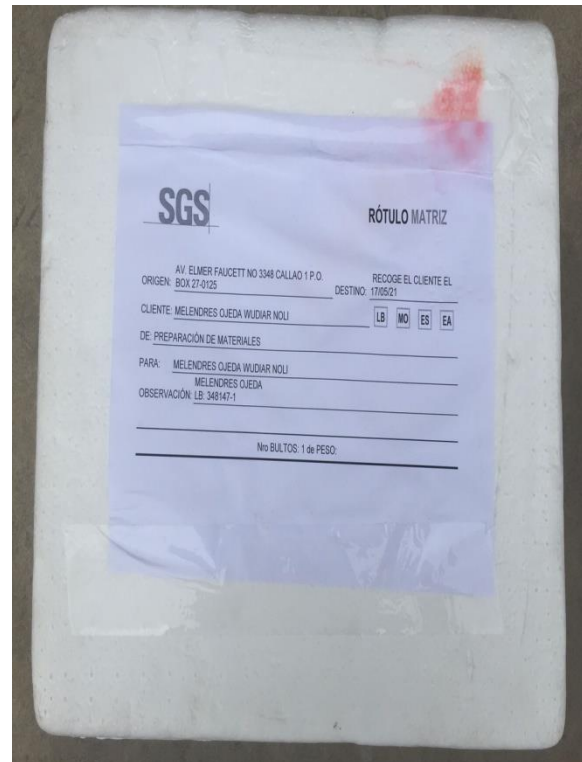


Figura 2.14: traslado de muestras al laboratorio

Anexo 3:

Resultados de análisis pre-tratamiento (12/05/2021)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



INFORME DE ENSAYO MA2114346 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					1-SM-01405
FECHA DE MUESTREO					8493169N / 681476E
HORA DE MUESTREO					12/05/2021
CATEGORIA					14:00:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	728.00 ± 152.88
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	7.43 *
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	6.8 (**) ± 0.4
Nitrogeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	96.32 ± 2.41
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.01	0.01	35.55 ± 2.84
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg O2/L	1.8	4.5	242.7 ± 24.3

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

Ingredientes activos encontrados en el agua de la laguna Pacucha



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



INFORME DE ENSAYO MA2112159 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					01 8495257N / 67988EE 12/05/2021 15:20:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE LAGUNA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± incertidumbre
Análisis Generales					
Asiones					
Clonuro	EW_EPA8270_0	mg/L	0.025	0.050	5.685 ± 0.853
Pesticidas organoclorados y organofosforados					
4,4-DDD	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
4,4-DDE	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Aldrin	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Aldrin+Dieldrin	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Alfa BHC	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Alfa Clordano	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Beta BHC	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Clordano (Total de Isómeros)	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
DDT (Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE)	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000003	0.000006	<0.000006
Deisla BHC	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Dicloro Difeni Tricloroetano (DDT)	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000003	0.000006	<0.000006
Dieldrin	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000003	0.000006	<0.000006
Endosulfan	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Endosulfan Sulfato	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Endrin	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Endrin Aldelido	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Endrin Calona	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Gamma Clordano	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Heptacloro	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Heptacloro epóxido	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Heptacloro+Heptacloro Epóxido	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Lindano	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Malatión	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Metamorfos	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Metoxicloro	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
Paratión	EW_EPA8270_CHLOPHOS	mg/L	0.000001	0.000002	<0.000002
O,O-Dimetil fluorotatoate	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003 *
Aspon	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Azinfos Etl	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0025	0.0075	<0.0075 *
Bolstar	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Bromofos Etl	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Bromofos Metil	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Carbofenotón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Clorfenfenos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Clorfenfenos Metil	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Crotofos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Demeton	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Diazinon	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Diclorofenotón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Diclorvos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Dicrotofos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Dioxatón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0025	0.0075	<0.0075 *
Dissulfotón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Endosulfan II	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
EPN	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0025	0.0075	<0.0075 *
Etón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Etoprop	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Famfur	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0015	0.0045	<0.0045 *
Fenitrotón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Fenitón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Fonofos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Forate	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Fosmet	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Fosfamidón	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0015	0.0045	<0.0045 *
Hexametilfosforamida	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Leptofos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Merfos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Metil Paratión	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Mevinfos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Mirex	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Monocrotofos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Naled	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
Oxiclordano Isomero	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Prinifos Metil	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Ronnel	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Sulfotop	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
TEPP	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.002	0.006	<0.006 *
Terbufos	EW_EPA8270_PEST MG L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2112159 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					01
FECHA DE MUESTREO					8495257N / 679886E
HORA DE MUESTREO					12/05/2021
CATEGORIA					15:20:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LO	LC	Resultado ± Incertidumbre
Pesticidas organoclorados y organofosforados					
Trifluralin	EW_EPA8270_PEST_MG_L	mg/L	0.001	0.003	<0.003 *
TOCP	EW_EPA8270_PEST_MG_L	mg/L	0.0025	0.0075	<0.0075 *
Tokalon	EW_EPA8270_PEST_MG_L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *
Tricloranato	EW_EPA8270_PEST_MG_L	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015 *

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

Resultados de análisis por fotocatalisis.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO MA2113836 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					02
FECHA DE MUESTREO					8493169N / 681476E
HORA DE MUESTREO					14/05/2021
CATEGORIA					14:00:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	678.00 ± 142.38
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	7.7 (**) ± 0.4
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	54.74 ± 1.37
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.01	0.01	25.80 ± 2.06
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	203.7 ± 20.4
Datos de Campo proporcionados por el Cliente					
Potencial de Hidrógeno	EW_OPERATIONS	pH	--	--	7.28 *

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2114347 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					2-SM-01505
FECHA DE MUESTREO					8493164N / 681476E
HORA DE MUESTREO					15/05/2021
CATEGORIA					13:50:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	718.00 ± 150.78
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	7.66 *
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	7.9 (**) ± 0.4
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	95.19 ± 2.38
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.01	0.01	34.82 ± 2.79
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	204.8 ± 20.5

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2114958 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					1-01905
FECHA DE MUESTREO					8493169N / 681476E
HORA DE MUESTREO					19/05/2021
CATEGORIA					15:00:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	685.00 ± 143.85
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	7.65 *
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	7.8 (**) ± 0.4
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	85.82 ± 3.02
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.01	0.01	29.77 ± 2.38
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg O ₂ /L	1.8	4.5	236.1 ± 23.6

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2114959 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					2-02105
FECHA DE MUESTREO					8439164N / 681476E
HORA DE MUESTREO					21/05/2021
CATEGORIA					10:00:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGUNA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	677.00 ± 142.17
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	7.58 *
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	7.5 (**) ± 0.4
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	94.87 ± 2.57
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.01	0.01	30.17 ± 2.41
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg O2/L	1.8	4.5	220.9 ± 22.1

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

Resultados de análisis del biofiltro



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO MA2114664 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					1B-01505
FECHA DE MUESTREO					8493169N / 681476E
HORA DE MUESTREO					15/05/2021
CATEGORIA					14:30:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	915.00 ± 192.15
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	6.85 *
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	2.5 (**) ± 0.3
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	104.98 ± 2.62
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.01	0.01	36.04 ± 2.88
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	370.1 ± 37.0

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2114665 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					2B-01705
FECHA DE MUESTREO					8493169N / 681476E
HORA DE MUESTREO					17/05/2021
CATEGORIA					13:30:00
SUB CATEGORIA					AGUA NATURAL
					AGUA SUPERFICIAL
					AGUA DE LAGO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	--	899.00 ± 188.79
Potencial de Hidrógeno	EW_APHA4500HB	pH	--	--	6.84 *
Oxígeno disuelto	EW_APHA4500OC	mg DO/L	0.3	1.0	1.6 (**) ± 0.2
Nitrógeno Total	EW_APHA4500PJ	mg N/L	0.04	0.10	106.31 ± 2.66
Fósforo Total	EW_APHA4500PJF	mg P/L	0.01	0.01	34.89 ± 2.79
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mgO2/L	1.8	4.5	355.0 ± 35.5

Notas:

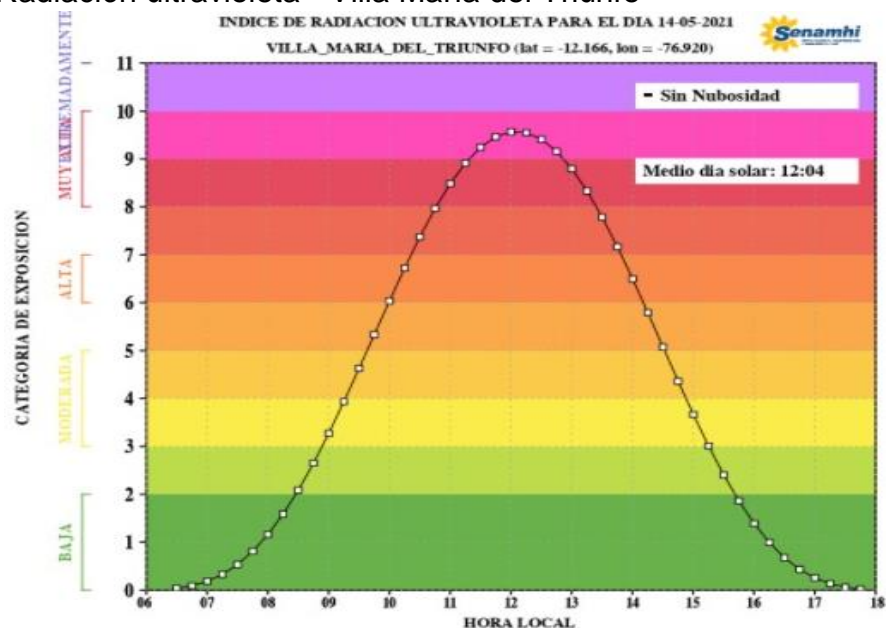
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

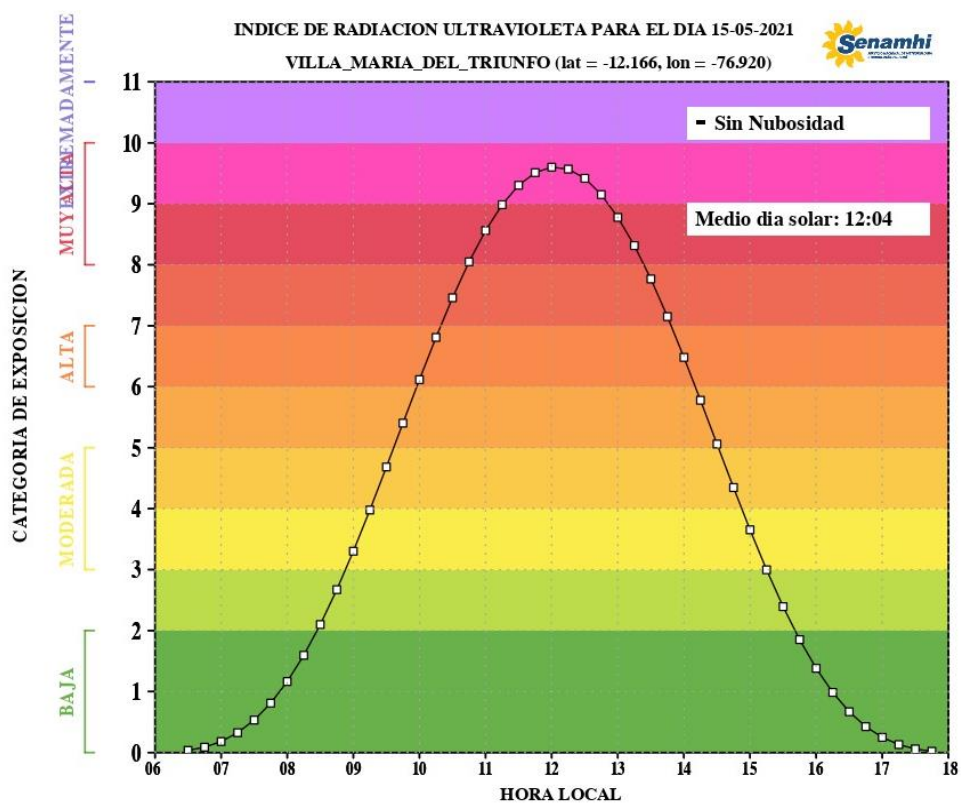
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

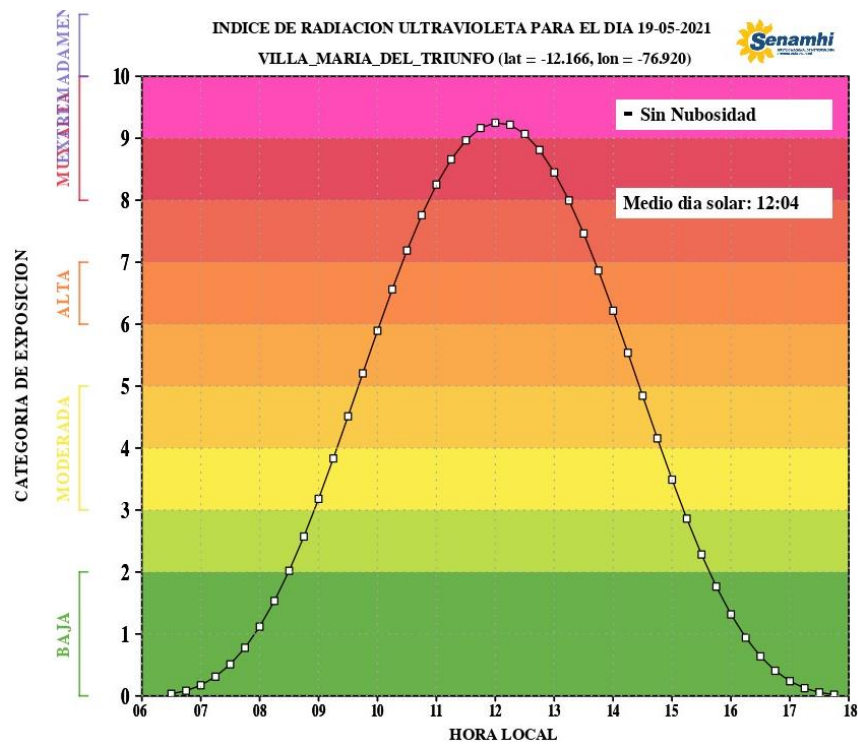
Índice de Radiación ultravioleta - Villa María del Triunfo



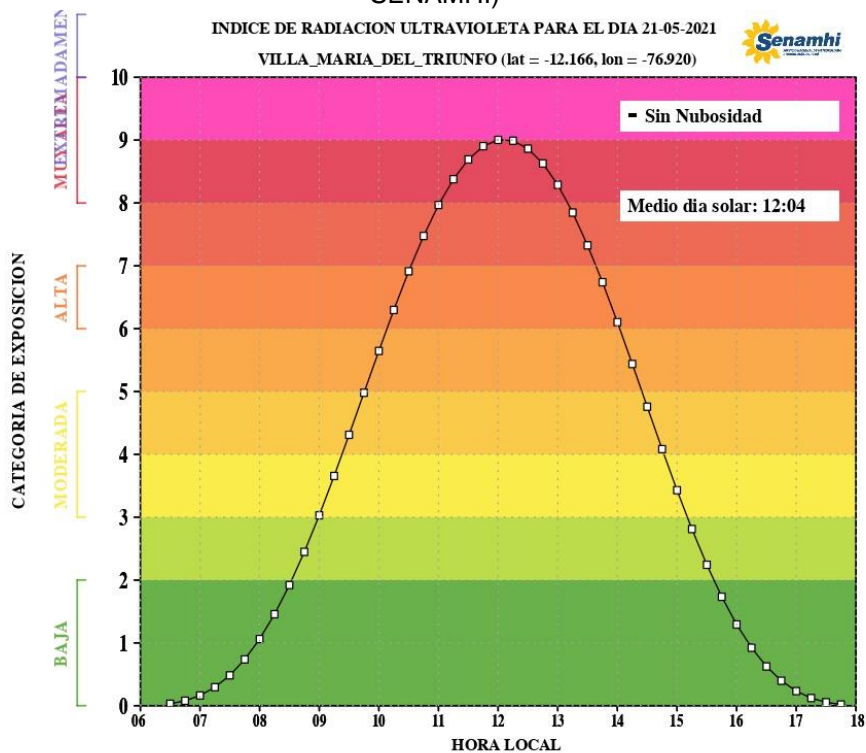
Fuente: Reporte diario (Servicio nacional de meteorología e hidrología – SENAMHI)



Fuente: Reporte diario (Servicio nacional de meteorología e hidrología – SENAMHI)




Fuente: Reporte diario del día 19-05-2021 (Servicio nacional de meteorología e hidrología – SENAMHI)



Fuente: Reporte diario del día 21-05-2021 (Servicio nacional de meteorología e hidrología – SENAMHI)

Tabla 7: Ficha 1. Registro de datos en campo

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Registro de datos		
Investigadores				
Lugar:				
Coordenadas en UTM		Norte		
		Este		
Fecha		Hora		
Muestra	Parámetros físicos			
	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572
DNI.17402784

Atentamente,





Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308



CIP: 43444

Tabla 8: Ficha 2, Registro de las características físicas del biofiltro

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO					Características físicas del biofiltro				
Evaluador									
Hora		Fecha							
N° Biofiltro	Características físicas del biofiltro				Tiempo de retención hidráulica (TRH)				Aserrín de árbol de la balsa
	Volumen (ml)	Caudal (ml/s)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (ml)	Caudal (ml/s)	TRH 1 (hora)	TRH 2 (hora)	Altura dentro del biofiltro (cm)
01									



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572
DNI.17402784

Atentamente,





Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308



CIP: 43444

Tabla 9: Ficha 3, Registro de datos de las características fisicoquímicas inicial y final

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				Características fisicoquímicas					
Responsables									
Lugar		Fecha							
Dosis		Parámetros							
Muestras		Físicos		Químicos					
		Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	pH	OD (ppm)	DQO (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)	Carbamatos (mg/L)
1	A								
	B								
2	A1								
	B1								

Dónde:

A= Antes de tratamiento con TiO₂

B= Después de tratamiento con TiO₂

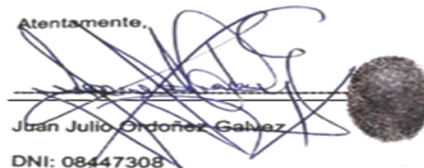
A1: Antes de aplicación de biofiltro (*Ochroma pyramidale*)

B1: Después de aplicación de biofiltro (*Ochroma pyramidale*)



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572
DNI.17402784

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308



CIP: 43444

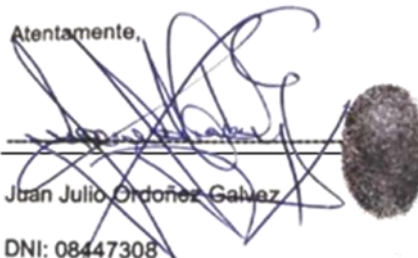
Tabla 10: Ficha 4, Registro de datos del tiempo de contacto TiO_2 en la degradación

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Tiempo de contacto TiO_2 en la degradación							
Responsables									
Lugar				Fecha					
Muestras	Tiempo (h)	Parámetros							
		Físicos		Químicos					
		Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	pH	OD (ppm)	DQO (mg/L)	Fosforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)	Carbamatos - Aldicarb (mg/L)
1	2								
2	4								



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572
DNI.17402784

Atentamente,





Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308



CIP: 43444

Tabla 11: Ficha 5, Registro de datos de la concentración de TiO_2

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				Concentración de TiO_2					
Responsables									
Lugar					Fecha				
Muestra	Dosis	Parámetros							
		Físicos		Químicos					
		Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	pH	OD (ppm)	DQO (mg/L)	Fosforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)	Carbamatos – Aldicarb (mg/L)
1	2 g/L								
2	4 g/L								


 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
 CIP. 46572
 DNI.17402784


Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308



CIP: 43444

Tabla 12: Ficha 6, Registro de análisis de eficiencia de TiO_2 y biofiltro (*Ochroma pyramidale*)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			Análisis de la eficiencia					
Responsables								
Lugar				Fecha				
Muestra	Parámetros							
	Físicos		Químicos					
	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	pH	OD (ppm)	DQO (mg/L)	Fosforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)	Carbamatos – Aldicarb (mg/L)
1								
2								

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

1: Eficiencia de TiO_2

2: Eficiencia de *Ochroma Pyramidale*



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
CIP. 46572
DNI.17402784

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308



CIP: 43444

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y Nombres del validador: Dr. Julio, Ordoñez Gálvez
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3 Especialidad del validador: Hidrologo ambiental
- 1.4 Nombre de Instrumento y finalidad de su aplicación: fichas para registro de datos del campo y laboratorio
- 1.5 Título de Investigación: *Fotocatálisis y Biofiltro para remoción de agroquímicos en aguas de la laguna de Pacucha-Apurímac 2021*
- 1.6 Autor(A) del Instrumentos: Melendres Ojeda Wudiar y Quispe Puca Roly

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

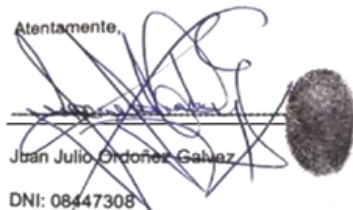
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

X

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 3.1 Apellidos y Nombres del validador: Dr. Julio, Ordoñez Gálvez
- 3.2 Cargo e institución donde labora: Docente en la UCV
- 3.3 Especialidad del validador: Hidrólogo ambiental
- 3.4 Nombre de Instrumento y finalidad de su aplicación: Fichas para registro de datos del campo y laboratorio
- 3.5 Título de Investigación: *Fotocatálisis y Biofiltro para remoción de agroquímicos en aguas de la laguna de Pacucha-Apurímac 2021*
- 3.6 Autores del Instrumentos: Melendres Ojeda Wudiar y Quispe Puca Roly

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

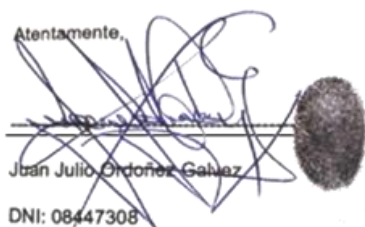
☒
☐

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de noviembre del 202

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Cabrera Carranza, Carlos
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- c. Especialidad del validador:
- d. Nombre de Instrumento y finalidad de su aplicación: fichas para registro de datos del campo y laboratorio
- e. Título de Investigación: *Fotocatálisis y Biofiltro para remoción de agroquímicos en aguas de la laguna de Pacucha- Purímac 2021*
- f. Autor(A) del Instrumentos: Melendres Ojeda Wudiar y Quispe Puca Roly

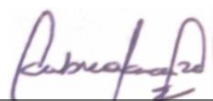
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: 46572. TELEFONO:945509179

SI
 90%

Lima, 10 de noviembre del 2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Cabrera Carranza, Carlos
- b. Cargo e institución donde labora: Docente en la UCV
- c. Especialidad del validador:.....
- d. Nombre de Instrumento y finalidad de su aplicación: Fichas para registro de datos del campo y laboratorio
- e. Título de Investigación: *Fotocatálisis y Biofiltro para remoción de agroquímicos en aguas de la laguna de Pacucha- Apurímac 2021*
- f. Autores del Instrumentos: Melendres Ojeda Wudiar y Quispe Puca Roly

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

SI

VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de noviembre del 202



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP: 46572. TELEFONO. 94550917

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- c. Especialidad del validador:
- d. Nombre de Instrumento y finalidad de su aplicación: fichas para registro de datos del campo y laboratorio
- e. Título de Investigación: *Fotocatálisis y Biofiltro para remoción de agroquímicos en aguas de la laguna de Pacucha- Apurímac 2021*
- f. Autor(A) del Instrumentos: Melendres Ojeda Wudiar y Quispe Puca Roly

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI

85 %



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 43444

Lima, 10 de noviembre del 2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Jave Nakayo, Jorge leonardo
- b. Cargo e institución donde labora: Docente en la UCV
- c. Especialidad del validador:
- d. Nombre de Instrumento y finalidad de su aplicación: Fichas para registro de datos del campo y laboratorio
- e. Título de Investigación: *Fotocatálisis y Biofiltro para remoción de agroquímicos en aguas de la laguna de Pacucha- Apurímac 2021*
- f. Autores del Instrumentos: Melendres Ojeda Wudiar y Quispe Puca Roly

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP: 43444

SI

85%

Lima, 10 de noviembre del 202